

**Харьковская областная
химическая олимпиада
2011 года**

Задачи и решения

Харьков 2013

УДК 54:573.5.091.27(076.3)

ББК 74.262.4я.721.6

X21

Рецензенты:

В. И. Рубцов – доцент кафедры физической химии ХНУ имени В. Н. Каразина, кандидат химических наук, доцент;

Б. В. Папонов – доцент кафедры органической химии ХНУ имени В. Н. Каразина, кандидат химических наук.

*Затверджено до друку рішенням Науково-методичної ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 4 від 11.04.2013 р.)*

X21 Харьковская областная химическая олимпиада 2011 года. Задачи и решения: учебно-методическое пособие. / Сост. Колосов М. А., Ельцов С. В., Никитина Н. А., Чуйко Ю. И. – Х.: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2013. – 72 с.

Пособие содержит задачи III этапа 48-ой Всеукраинской химической олимпиады в Харьковской области и их решения. Предназначено для преподавателей ВУЗов, учителей химии, а также для всех, кто интересуется химией.

УДК 54:573.5.091.27(076.3)

ББК 74.262.4я.721.6

© Харьковский национальный университет
имени В. Н. Каразина, 2013

© Колосов М.А., Ельцов С.В., Никитина Н.А.,
Чуйко Ю.И., сост., 2013.

© Литвинова О. О., макет обложки, 2013

Дорогие друзья!

Вот уже несколько лет подряд команда юных химиков Харьковской области занимает наивысшие места на Всеукраинской химической олимпиаде. Приятно, что это связано не только с выступлением отдельных талантливых ребят, а и с достаточно высоким уровнем подготовки команды в целом.

Так, в этом году наша команда, состоявшая из 10 человек, привезла домой 7 наград. Третьи места достались Константину Жгулеву (8 класс), Никите Онижуку (9 класс), Екатерине Головизниной (10 класс) и Зайцевой Снежане (11 класс), второе место занял Олег Бородин (11 класс), а первые места завоевали Александр Выговский (9 класс) и Ирина Запорожец (10 класс). С удовольствием отмечу, что Олег Бородин в первый раз участвовал во Всеукраинской олимпиаде, с последним результатом вошел в сборную Украины, однако сумел попасть в четверку сильнейших; более того, на Международной химической олимпиаде, прошедшей в июле 2011 г. в Турции, он занял третье место.

Конечно же, ребята много работают, чтобы показать столь значимые результаты. Однако не будем забывать о важнейшем вкладе учителей и преподавателей, которые их готовили и готовят. Подобная работа не прекращается целый год, а переживают преподаватели, думаю, не меньше своих воспитанников. Со своей стороны мне хотелось бы надеяться, что наша работа – труд авторов задач, оргкомитета и жюри Областной олимпиады, а это десятки человек, – также не проходит даром.

В этом сборнике, по традиции, мы приводим условия и решения теоретических и экспериментальных заданий, которые были предложены на Областной химической олимпиаде в этом году, а также более сложные задания отборочного тура, по результатам которого производилось формирование команды области для участия в IV этапе Всеукраинской химической олимпиады.

С пожеланиями успехов,
председатель жюри
Харьковской областной
химической олимпиады



М. А. Колосов

ЗАДАНИЯ 1-ГО ТУРА

8 класс

1. Углерод. 1) В качестве атомной единицы массы (а. е. м.) в настоящее время используется величина, равная $1/12$ части массы атома углерода ^{12}C . Рассчитайте, какая масса, выраженная в граммах, соответствует одной атомной единице массы. 2) Зная, что в периодической таблице Д. И. Менделеева для элемента углерода указана относительная атомная масса, равная 12.011, и учитывая, что природный углерод состоит из двух изотопов ^{12}C и ^{13}C , рассчитайте содержание (в мольных долях) каждого из них. 3) Запишите электронную конфигурацию атома углерода. Исходя из строения внешней электронной оболочки атома углерода, обоснуйте значение его максимальной валентности.

2. Осаждение. К 100 мл водного раствора галогенида щелочно-земельного металла с массовой долей соли 10 % и плотностью 1092 кг/м^3 прибавили раствор нитрата серебра, содержащий 10.2 г AgNO_3 . После завершения выпадения осадка масса исходной соли в растворе уменьшилась в 2.33 раза. Определите, раствор какой соли был взят для проведения опыта.

3. Элементы. Элементы **A**, **B** и **C** образуют простые вещества, которые при нормальных условиях являются газами. Простые вещества **A** и **B** легко реагируют между собой, давая соединение **AB**; соединение состава A_3C также может быть получено при взаимодействии простых веществ. Для образования вещества B_3C необходимо действие электрического разряда, также его можно получить косвенным путем; среди продуктов его гидролиза имеется соединение **AB**, а вещество A_3C отсутствует. Определите, о каких элементах идет речь, если известно, что массовая доля элемента **A** в веществе A_3C составляет 17.65 %. Запишите реакции образования соединений **AB**, A_3C и B_3C , а также реакции взаимодействия A_3C и B_3C с водой.

4. Цепочка. Приведите химические уравнения, соответствующие цепочке превращений: $\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_2\text{Cl}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow \text{S}$. Укажите условия протекания данных реакций. Приведите структурные формулы молекул таких веществ: H_2S , SO_2Cl_2 , H_3PO_4 , NH_3 , HNO_3 .

5. Разделение смесей. Опишите метод, по которому из нижеуказанных систем могут быть выделены их компоненты: 1) газовая смесь оксида углерода (II) и оксида углерода (IV); 2) газовая смесь кислорода и азота; 3) смесь порошков цинка и магния; 4) водный раствор хлорида натрия; 5) смесь порошков соды и мела. Если для выделения вещества из смеси используются химические реакции, то запишите их уравнения.

6. Вещество. Установите формулу вещества, если известно, что его молекулы содержат азот, кислород и еще один элемент, при этом массовая доля азота составляет 22.22 %, а кислорода – 76.19 %. Как это вещество получают в промышленности? Приведите 3 примера его применения. Запишите уравнения соответствующих реакций.

7. Задание экспериментального тура. При растворении белого мелкокристаллического вещества в воде был получен раствор голубого цвета. Образовавшийся раствор был разделен на две части. К одной из них добавили раствор ацетата свинца $Pb(CH_3COO)_2$, при этом образовался белый осадок, к другой – раствор желтой кровяной соли $K_4[Fe(CN)_6]$, при этом выпал красно-бурый осадок, который при обработке раствором $NaOH$ стал голубым. При кипячении полученного раствора с осадком на электроплитке цвет осадка изменился с голубого на черный. Установите химическую формулу исходного вещества. Что происходит при его растворении в воде? Напишите уравнения описанных химических превращений. *Для справки:* ацетат свинца $(Pb(CH_3COO)_2)$ – хорошо растворимая соль слабой уксусной кислоты CH_3COOH .

9 класс

1. Смесь. Смесь двух газов имеет плотность по водороду 6.0.

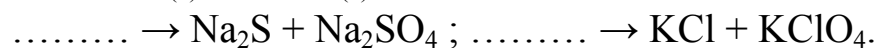
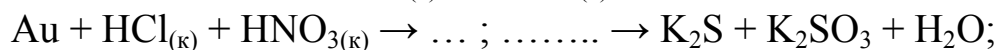
- 1) Предложите два варианта состава такой смеси, если плотность ее тяжелого компонента составляет 900.9 г/м^3 (н.у.), этот компонент химически инертен, а смесь состоит из основных изотопов элементов.
- 2) Рассчитайте массовую и объемную долю компонентов в обоих вариантах смеси.
- 3) Где встречаются во Вселенной газы-компоненты смеси? Как они используются человеком?

2. Al_2O_3 . Предложите, по крайней мере, три различных способа получения оксида алюминия, располагая металлическим алюминием,

металлическим кальцием, соляной кислотой и водой. Запишите уравнения реакции в молекулярном и ионном виде.

3. Газ. Бинарное газообразное соединение **A** одного из элементов четвертой группы Периодической системы элементов содержит 47.03 масс. % наиболее распространенного элемента на Земле. Известно, что **A** получают действием сильных водоотнимающих средств на вещество **B**. 1) Определите соединение **A**, изобразите его структурную формулу, если известно, что атомы в структуре **A** выстроены в цепочку. Приведите тип гибридизации неконцевых атомов в молекуле **A**. 2) Установите структуру **B**. Какие Вы знаете водоотнимающие средства? Приведите 3-5 примеров принципиально разных соединений. На чем основано их дегидратирующее действие? В случае необходимости приведите уравнения реакций. 3) При нагревании и длительном хранении **A** диспропорционирует с образованием нетоксичного газа. Приведите уравнение реакции.

4. Уравнения. 1) Восстановите пропущенные части уравнения, а также укажите условия протекания реакций и коэффициенты (где необходимо).



2) Приведите структурные формулы SO_2 , H_2SO_3 , H_2SO_4 , H_2S , SF_4 ; укажите степень окисления и тип гибридизации атома серы в этих соединениях.

5. Только натрий. В 100 мл воды внесли 19.944 г смеси натрия, гидрида натрия и оксида натрия. После протекания всех реакций до конца образовался раствор с массовой долей растворенного вещества 0.249. 1) Напишите уравнения произошедших химических реакций. 2) Рассчитайте состав исходной смеси при условии, что количество вещества натрия и гидрида натрия в ней равны. 3) Можно ли получить 0.35 моль $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ из этого раствора, имея в своем распоряжении избыток углекислого газа? 4) Как в лаборатории можно получить натрий, гидрид натрия и оксид натрия, если из реактивов есть только вода и хлорид натрия?

6. Обо всем по чуть-чуть. 1) Предложите способ разделения смесей (нужно выделить каждый компонент в отдельности): а) древесные опилки, тертое стекло, вода, этиловый спирт; б) железные стружки, карбонат кальция, хлорид натрия, вода; в) углекислый газ,

вода, сахар, песок. 2) Выберите лишь корректные выражения: а) «фторид йода»; б) «ионы сахара»; в) «молекулы молока»; г) «... зубная паста содержит молекулы фтора...»; д) «атомы стали»; е) «кристаллизация ртути».

7. Задание экспериментального тура. В пробирки № 1 и № 2 внести по микрошпателью NaHCO_3 , растворить в 10-15 мл дистиллированной воды и добавить 1-2 капли индикатора фенолфталеина. Отметить окраску раствора. В пробирки № 3 и № 4 внести по микрошпателью NaOH , растворить в 10-15 мл дистиллированной воды и добавить 1-2 капли индикатора фенолфталеина. Отметить окраску раствора. Нагреть пробирки № 1 и № 3 до кипения, зафиксировать видимые изменения в окраске растворов. Пробирки № 2 и № 4, а также пробирки № 5 и № 6 (с фенолфталеином и дистиллированной водой) оставить для сравнения. Объяснить наблюдаемые различия в поведении растворов NaHCO_3 и NaOH при нагревании, подтвердив их уравнениями реакций в молекулярном и ионном виде. Константа диссоциации воды (ионное произведение воды) при разных температурах равна: $K_w(25\text{ }^\circ\text{C}) = 1 \cdot 10^{-14}$; $K_w(50\text{ }^\circ\text{C}) = 5.5 \cdot 10^{-14}$; $K_w(100\text{ }^\circ\text{C}) = 5.9 \cdot 10^{-13}$.

10 класс

1. Минерал. Ценный минерал **А**, который используется при получении алюминия, содержит натрий (массовая доля 32.86 %), а также алюминий и фтор. 1) Выведите формулу минерала **А**. 2) В чем заключается способ получения алюминия при помощи этого минерала? Приведите соответствующие реакции. 3) Приведите геометрическое строение комплексного иона, который входит в состав минерала **А**, укажите тип гибридизации центрального атома.

2. Твердое, жидкое, газообразное. Вещество **А** является газом при 25 °С. Оно широко употребляется в народном хозяйстве: при соединении металлических изделий, для получения уксусной кислоты и т. д. Строение ядовитой жидкости **В**, кристаллизующейся при 5 °С, вызывало в XIX веке большое количество дискуссий; **В** применяется в качестве растворителя, а также в качестве исходного вещества для синтеза самых разных органических соединений. Твердый материал **С** – полупроводник черного или серого цвета. 1) Определите строение соединений **А**, **В**, **С**, если все они бинарны, а содержание одного из элементов в каждом из них в 11.9 раз больше второго. Приведите

структурные формулы соединений **A**, **B**, **C**, назовите их. 2) Как в промышленности получают зашифрованные соединения? Объясните примеры использования соединения **A** в народном хозяйстве, запишите уравнения реакций.

3. Элемент. Водные растворы соединений **A** и **B**, содержащие элемент **X**, по-разному изменяют окраску лакмусовой бумаги. Соединения **A** и **B**, взаимодействуя между собой, образуют соединение **B** с массовой долей элемента **X** 35 %. При взаимодействии металлического цинка с разбавленным раствором соединения **A** тоже образуется соединение **B**, которое разлагается при нагревании, образуя простое вещество элемента **X**, газ **Г** и соединение **Д**. При сжигании **B** в **Г** также получается простое вещество элемента **X** и вещество **Д**. 1) О каких веществах идет речь? Запишите уравнения соответствующих реакций. 2) Запишите структурные формулы соединений **A** и **B**. Укажите валентность, степень окисления и степень гибридизации неконцевых атомов в этих структурах.

4. Электролиз. Через последовательно соединенные электролизеры с инертными электродами пропускают электрический ток. В первом электролизере содержится раствор хлорида бария, а во втором сульфита калия (количества веществ равны). Ток пропускают до отрицательной реакции на хлорид-ионы в первом электролизере. Для этого потребовалось пропустить ток силой 32.17 А в течение 50 минут. Полученные после окончания электролиза растворы смешали.

1) Какие процессы проходят в электролизерах? Какие качественные реакции на хлорид-ионы Вы знаете? Запишите уравнения реакций. 2) Какой была молярная концентрация веществ в электролизерах до электролиза, если объем раствора хлорида бария был равен 0.455 л, а сульфита калия – 0.375 л? Чему была равна массовая доля растворенных веществ до электролиза, если плотности растворов принять равными единице? 3) Какое количество веществ выделилось на электродах электролизеров до смешивания растворов? Какая масса осадка образовалась после смешения растворов (считать осаждение полным)? Используйте постоянную Фарадея: $F = 96485 \text{ Кл} \cdot \text{моль}^{-1}$.

5. Интересный углеводород. Газообразный углеводород **A** – простейший представитель своего класса – проявляет значительную химическую активность. Углеводород **A** с избытком брома образует вещество **Б**; с водородом в присутствии никелевого катализатора –

вещество **В**, а с избытком хлороводорода образует вещество **Г**. Углевodород **А** присоединяет воду в присутствии катализатора с образованием ацетона. Углевodород **А** подвергается внутримолекулярной перегруппировке в щелочной среде, а продукт перегруппировки образует нерастворимые осадки с солями тяжелых металлов. Димеризация **А** при нагревании и освещении приводит к образованию смеси двух циклических продуктов с массовой долей углерода 90.0 %. 1) Назовите углевodород **А** и приведите его структурную формулу, если известно, что димеризация алкинов в описанных условиях не проходит. 2) Назовите вещества **Б**, **В**, **Г** и приведите их графические формулы. 3) Как можно получить углевodород **А**? 4) Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

6. Кислота. Органическая кислота **А** в присутствии серной кислоты образует с этиловым спиртом малорастворимое в воде вещество **Б**, имеющее фруктовый запах, причем молярная масса **Б** в 1.47 раза больше молярной массы **А**. Водный раствор вещества **А** объемом 10.0 л, имеющий концентрацию 0.01 моль/л, содержит $6.26 \cdot 10^{22}$ частиц без учета молекул воды. 1) Расшифруйте соединения **А** и **Б**, запишите уравнение получения соединения **Б**. Как можно с помощью качественных реакций отличить водный раствор вещества **А** от водных растворов: а) метанола; б) серной кислоты; в) гидроксида натрия. 2) Установите значение степени диссоциации вещества **А**.

7. Задание экспериментального тура. Простое вещество **Х** широко распространено в природе. Это неметалл, встречается в виде нескольких аллотропных модификаций.

На природное соединение железа и вещества **Х** действовали раствором хлороводородной кислоты. Выделившийся газ **А** с запахом тухлых яиц пропустили через подкисленный раствор перманганата калия (опыт № 1). В опыте № 2 газ **А** пропустили через раствор, содержащий ионы свинца (II). После окончания реакции в пробирку добавили раствор пероксида водорода. Данные процессы широко используются в реставрационной практике.

1) Опишите наблюдения. 2) Определите зашифрованные вещества, запишите в ионном виде уравнения реакций, которые протекают. 3) Назовите 3 аллотропные модификации элемента **Х**. 4) В каких конкретно реставрационных работах применяют процессы, протекающие в опыте № 2?

11 класс

1. Соли. Соль **A**, содержащая калий, хлор и кислород, может термически разлагаться как с образованием газа **B** и соли **C**, так и с образованием солей **C** и **D**. В результате нагревания 9.96 г соли **A** образовалась смесь, содержащая 3.02 г соли **C**, причем соль **A** полностью разложилась. 1) Расшифруйте вещества, если соль **A** содержит 31.9 % калия, а хлор в соли **C** находится в наиболее стабильной степени окисления. Приведите уравнения реакций. 2) Рассчитайте массовые доли веществ в полученной смеси. 3) Приведите геометрическое строение сложных ионов в солях **A** и **D**, укажите тип гибридизации центральных атомов.

2. Бинарные газы. Некоторый элемент образует 2 бинарных газа **A** и **B**, в которых он имеет одинаковый тип гибридизации – sp^x . Каждая из молекул имеет одну неподеленную пару электронов. Массовые доли неизвестного элемента в этих веществах равны соответственно 91.18 % и 35.22 %. 1) Определите неизвестные газы **A** и **B**. 2) Какой тип гибридизации проявляет центральный атом? 3) Какой из этих газов проявляет более основные свойства? Почему? 4) Какой из газов более растворим в воде? Почему? 5) Почему **A** кипит при более высокой температуре (-87°C), чем кипит **B** (-102°C). 6) Укажите, как распределены заряды в молекулах этих газов. 7) Может ли молекула, которая содержит полярные связи, иметь суммарный дипольный момент, равный нулю? Приведите 3 примера.

3. Растворитель. Соединение **A** содержит 62.04 % углерода и 27.55 % кислорода. Это летучая легковоспламеняющаяся бесцветная жидкость со специфическим запахом, широко применяемая как в промышленности, так и в быту (например, для обезжиривания поверхностей), а также в лаборатории в качестве реагента и растворителя. При обработке соединения **A** газообразным хлором в водной щелочи образуется вещество **B**, обладающее кислотными свойствами, и галогенсодержащее соединение **C**. Разбавленный раствор вещества **B** находит применение в пищевой промышленности, а соединение **C** ранее применялось в медицине. Углеводород **D** (плотность по водороду 20) образуется при гидролизе карбида магния и не содержит двойных связей. **D** легко реагирует с **C** в присутствии NaOH при $0-5^\circ\text{C}$ с образованием галогенсодержащего соединения **E**, которое при дополнительной обработке соединением **C** в присутствии NaOH и более высо-

кой температуре дает соединение **F** ($C_5H_4Cl_4$). 1) Расшифруйте соединения **A–F**, назовите их, приведите уравнения всех упомянутых реакций. 2) Предложите механизм образования веществ **B** и **C** из **A**. 3) В качестве чего применяется соединение **B**; как использовалось ранее вещество **C**?

4. Известь. При взаимодействии 7.89 г соли **A** с соляной кислотой выделился газ без запаха, который пропустили через 2500 мл раствора гашеной извести с концентрацией 0.014 моль/л. Сначала наблюдали за выпадением белого осадка, потом он частично растворился. Осадок отфильтровали и высушили, затем взвесили. Его масса составила 3.00 г. 1) Определите формулу соли **A**, приведите уравнения реакций. 2) Рассчитайте pH исходного раствора гашеной извести и массовую долю растворенного вещества в нем (плотность раствора принять равной 1 г/мл). 3) В помещениях, недавно оштукатуренных смесями на основе гашеной извести, некоторое время даже после высыхания штукатурки очень влажно. Почему? Объясните.

5. Соответствие. 1) Соотнесите фамилии, приведенные в левой колонке таблицы, с понятиями, данными под ней (ответ дайте в виде таблицы).

Лавуазье	
Курциус	
Бертолле	
Кекуле	
Ленин	
Зинин	
Бутлеров	
Вёлер	
Курчатов	
Менделеев	

Периодический закон, теория строения органических соединений, строение бензола, Октябрьская революция, конец теории витализма, советская ядерная программа, азиды, соединения переменного состава, конец теории флогистона, анилин.

2) Корректны ли выражения: а) «высушенный сырой продукт реакции»; б) «кипящая ледяная уксусная кислота»; в) «дробная кристаллизация из холодного *изо*-пропанола»; г) «азеотропная смесь метанола с водой»; д) «фракционная перегонка»? Объясните.

6. Синтез. Предложите схемы синтеза указанных соединений из неорганических веществ (в скобках дано оптимальное количество стадий, отведенное на каждое соединение): 1) *n*-октан (10); 2) толуол (6); 3) *трет*-бутанол (8); 4) бутадиен-1,3 (5); 5) 1,2-дибром-3-хлорпропан (5).

7. Задание экспериментального тура. Белое кристаллическое вещество **A** ($\omega(\text{N}) = 23.7\%$), являющееся производным монокарбоновой кислоты, растворяют в воде; раствор разделяют на 2 части. К одной части добавляют 3-5 капель концентрированной H_2SO_4 и нагревают в течение 10 минут. После этого к полученному раствору добавляют несколько капель концентрированного раствора FeCl_3 . Раствор приобретает красно-коричневую окраску.

Ко второй части раствора вещества **A** добавляют 5 г сухого NaOH . После полного растворения гидроксида натрия раствор нагревается и через 2-3 минуты начинается выделение газа с резким специфическим запахом, который окрашивает влажную индикаторную бумагу в синий цвет.

1) Определите неизвестное соединение **A**. 2) Приведите уравнения реакций, прошедших с веществом **A**. 3) Приведите как можно больше уравнений реакций, с помощью которых можно получить соединение **A**. 4) Напишите механизм кислотного и щелочного гидролиза соединения **A**.

РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ 1-ГО ТУРА

8 класс

1. Углерод. 1) Один моль атомов углерода ^{12}C имеет массу 12 г, так как 1 моль составляет $6.022 \cdot 10^{23}$ атомов, то масса одного атома равна $12/6.022 \cdot 10^{23} \text{ г} = 1.9927 \cdot 10^{-23} \text{ г}$, а атомная единица массы соответствует $1.9927 \cdot 10^{-23}/12 \text{ г} = 1.6606 \cdot 10^{-24} \text{ г}$.

2) В Периодической таблице элементов указываются средние относительные атомные массы, определяемые по формуле

$$M = x_1 M_1 + x_2 M_2,$$

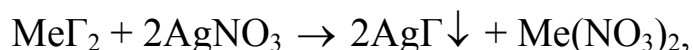
где x_1 и x_2 – мольные доли изотопов; M_1 и M_2 – массовые числа изотопов, которые для ^{12}C и ^{13}C равны 12 и 13 соответственно. Так как $x_2 = 1 - x_1$, имеем

$$12.011 = 12x_1 + 13(1 - x_1),$$

$x_1 = 0.989$, $x_2 = 0.011$. То есть мольная доля ^{12}C равна 98.9 %, а изотопа ^{13}C – 1.1 %.

3) Максимальная валентность определяется числом орбиталей, которые атом может предоставить для образования связи. Для элементов 2 периода количество орбиталей внешнего электронного слоя равно четырем. Таким образом, максимальная валентность углерода – четыре.

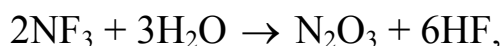
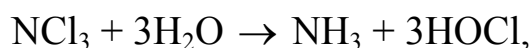
2. Осаждение. При добавлении нитрата серебра к раствору галогенида щелочноземельного металла протекает реакция



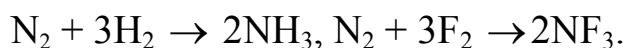
где Me – неизвестный металл, Γ – галоген. Молярная масса AgNO_3 составляет 170 г/моль, значит, добавленный раствор содержит $10.2/170 = 0.06$ (моль) соли, а в результате реакции осаждается 0.06 моль $\text{Ag}\Gamma$ и расходуется 0.03 моль $\text{Me}\Gamma_2$. Масса соли $\text{Me}\Gamma_2$ в исходном растворе составляет $100 \cdot 1.092 \cdot 0.1 = 10.92$ (г). После осаждения её масса в растворе составляет $10.92/2.33 = 4.69$ (г). Значит, было осаждено $10.92 - 4.69 = 6.23$ (г) соли. Молярная масса исходной соли равна $6.23/0.03 = 207.67$ (г/моль). К щелочноземельным металлам относят Ca, Sr, Ba. Нерастворимую соль серебра образуют Cl, Br, I. Если бы исходная

соль была иодидом, то ее молярная масса была бы больше 254 г/моль, поэтому в качестве Г может быть только Cl или Br. Определяем соль методом подбора. Подходит только хлорид бария (BaCl_2).

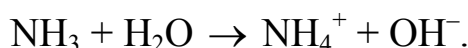
3. Элементы. При нормальных условиях газообразными являются следующие простые вещества: водород, азот, кислород, фтор, хлор и инертные газы. Очевидно, что инертные газы не соответствуют условию задачи. Исходя из формулы соединения CA_3 , можно сделать заключение, что элемент C – это азот, так как из указанных элементов (H, N, O, F, Cl) валентность, равная трём, является наиболее характерной. Найдем молярную массу элемента A: $\omega_A = 3M_A / (3M_A + 14) = 0.1765$, $M_A = 1$, значит элемент A – водород. Исходя из формулы соединения AB , следует, что элемент B – фтор или хлор. Гидролиз соединений NF_3 и NCl_3 протекает согласно уравнениям:



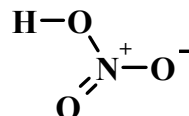
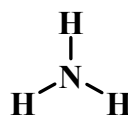
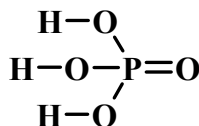
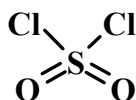
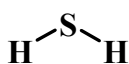
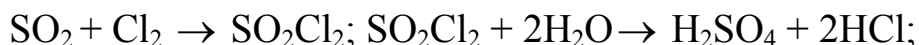
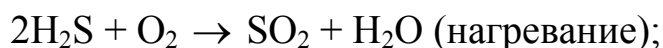
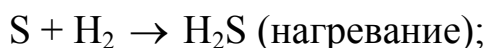
анализ которых показывает, что элемент B – это фтор. Реакции образования NH_3 и NF_3 :



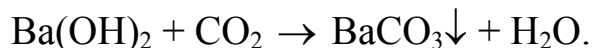
При взаимодействии NH_3 с водой протекает реакция образования иона аммония, что приводит к появлению в растворе также ионов OH^- , обуславливающих щелочную среду раствора аммиака:



4. Цепочка. Уравнения реакций:



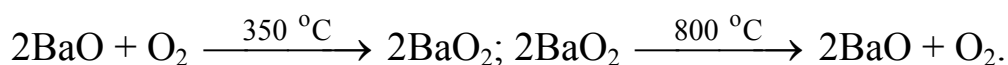
5. Разделение смесей. 1) Газовая смесь оксида углерода (II) и оксида углерода (IV) может быть легко разделена пропусканием ее через раствор щелочи, например, $\text{Ba}(\text{OH})_2$. При этом CO_2 поглощается, образуя осадок карбоната бария по реакции



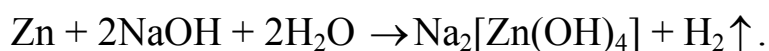
Осадок BaCO_3 затем может быть отделен, и при действии на него кислоты CO_2 будет выделен



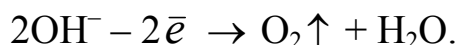
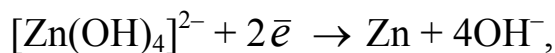
2) Газовая смесь кислорода и азота, может быть разделена физическим методом, путем охлаждения ее, сжижения и последующего испарения. Химический метод разделения основан на том, что кислород легко связывается оксидом бария при нагревании последнего до 350°C с образованием перекиси, при дальнейшем же нагревании до 800°C происходит её разложение. Таким образом, попеременно нагревая и охлаждая соединения бария, можно извлечь кислород из его смеси с азотом:



3) Смесь порошков цинка и магния может быть разделена при ее обработке концентрированным раствором щелочи, в котором цинк будет растворяться, а магний – нет:



Из полученного цинката металлический цинк может быть выделен путем электролиза, в ходе которого на электродах протекают процессы:



4) Для разделения на компоненты водного раствора хлорида натрия необходимо довести раствор до кипения и собирать испаряющуюся при этом воду, то есть нужно выполнить отгонку растворителя. Сухая соль NaCl останется в нагреваемом сосуде.

5) Для разделения порошков соды и мела необходимо вначале добавить воды, в которой сода хорошо растворяется, а мел нет. Этот раствор необходимо отфильтровать, мел останется на фильтре, а соду получим при выпаривании раствора, прошедшего через фильтр.

6. Вещество. Третий элемент – водород. Найдём массовую долю третьего элемента в молекуле соединения:

$$\omega_{\text{H}} = 100 \% - \omega_{\text{N}} - \omega_{\text{O}} = (100 - 22.22 - 76.19) \% = 1.59 \ \%.$$

Возьмём 100 г данного вещества, в этом количестве будет содержаться 22.22 г азота, 76.19 г кислорода и 1.59 г водорода, что соответствует $22.22/14 = 1.59$ (моль) атомов азота, $76.19/16 = 4.76$ (моль) атомов кислорода и 1.59 моль атомов водорода. Следовательно

$$x : y : z = 1.59 : 4.76 : 1.59 = 1 : 3 : 1.$$

Значит, формула соединения – HNO_3 (азотная кислота).

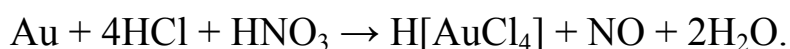
В промышленности азотную кислоту получают путем, включающим следующие стадии:



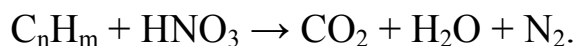
Получение нитратов металлов:



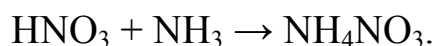
Переведение благородных металлов в раствор (царская водка):



Окислитель органических соединений (в ракетной технике):



Исходное вещество для промышленного получения удобрений и взрывчатых веществ:

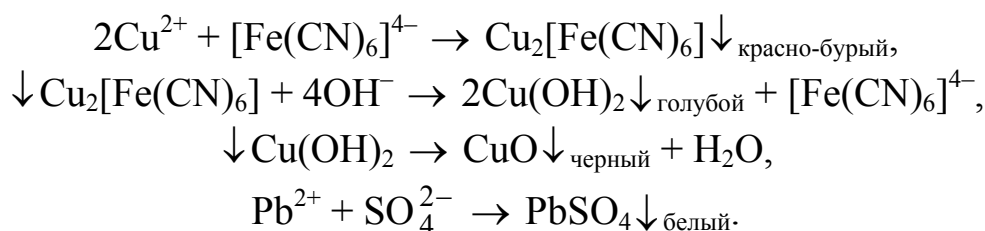


7. Задание экспериментального тура. Белое мелкокристаллическое вещество, растворенное в воде с получением раствора голубого цвета – безводный сульфат меди CuSO_4 . Это следует из описанных свойств полученного раствора: белый осадок, полученный при добав-

лении раствора ацетата свинца – PbSO_4 , а красно-бурый осадок, образовавшийся при добавлении желтой кровяной соли – $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Осадок $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ при добавлении NaOH стал голубым вследствие образования гидроксида меди (II), при нагревании которого появляется черное окрашивание, обусловленное оксидом меди (II). Уравнения химических превращений:



голубой цвет раствора, обусловлен образованием аквакомплекса ионов меди (II). Для простоты записи в дальнейших уравнениях ионы меди обозначены как Cu^{2+} .



9 класс

1. Смесь. 1) Молярная масса смеси равна 12.0 г/моль; вычислим более тяжелый компонент.

$pV = mRT/M$, откуда $\rho = pM(X)/RT$, $M(X) = \rho RT/p = 20.2$ г/моль. Поскольку газ инертен, условия нормальные, то это – неон (Ne). Таким образом, более легким газом может быть H_2 или He. 1-й вариант смеси – $\text{Ne} + \text{H}_2$, 2-й вариант – $\text{Ne} + \text{He}$.

2) Объемную долю газов вычисляем по уравнениям типа:

$$\chi(\text{Ne}) \times A(\text{Ne}) + \chi(\text{H}_2) \times M(\text{H}_2) = 12, \text{ причем } \chi(\text{H}_2) = 1 - \chi(\text{Ne}).$$

$$\text{Для } \text{Ne} + \text{H}_2: \chi(\text{Ne}) = 55.0 \%, \chi(\text{H}_2) = 45.0 \%,$$

$$\omega(\text{Ne}) = \chi(\text{Ne}) \times A(\text{Ne}) / 12 = 92.4 \%, \omega(\text{H}_2) = 7.6 \%.$$

$$\text{Для } \text{Ne} + \text{He}: \chi(\text{Ne}) = 49.4 \%,$$

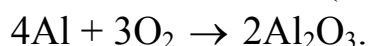
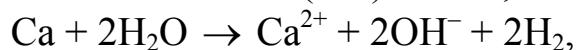
$$\chi(\text{He}) = 50.6 \%, \omega(\text{Ne}) = 83.1 \%, \omega(\text{He}) = 16.9 \%.$$

3) Водород и гелий – самые распространенные элементы Вселенной, компоненты звезд и межзвездного газа. Неон в незначительной концентрации встречается в земной атмосфере ($1.82 \times 10^{-3} \%$ об.), откуда и добывается, пятый по распространенности элемент Вселенной. Гелий используется в смеси с кислородом в аквалангах, в жидком виде – для достижения сверхнизких температур, неон – в газоразрядных

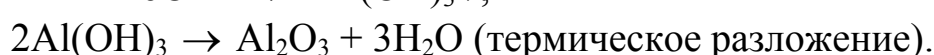
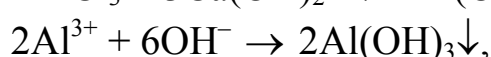
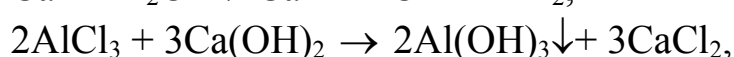
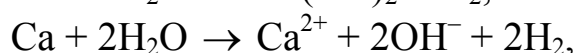
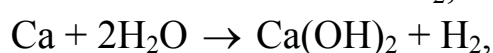
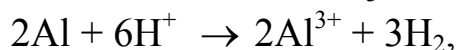
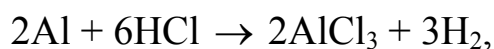
лампах, водород – для восстановления органических и неорганических соединений, как ракетное и моторное топливо и т. д.

2. Al_2O_3 .

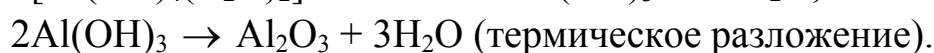
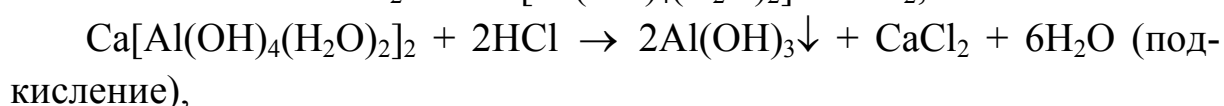
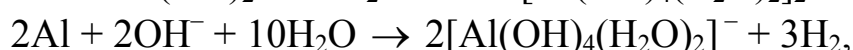
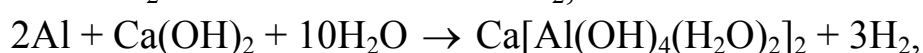
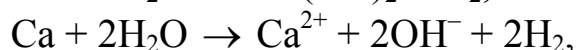
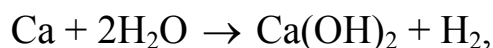
1 способ:



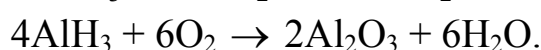
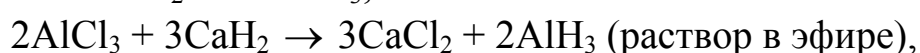
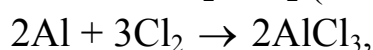
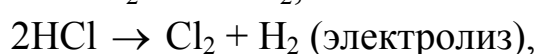
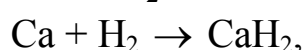
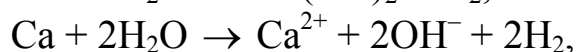
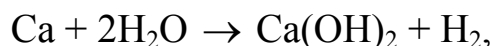
2 способ:



3 способ:



4 способ:



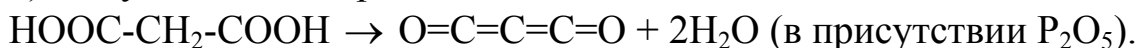
3. Газ. 1) Наиболее распространенный на Земле элемент – кислород. Из всех элементов четвертой группы газообразные оксиды образует только углерод. Искомое соединение – C_xO_y (в общем виде). Находим простейшую формулу вещества

$$47.06/16 : 52.94/12 = 2.94 : 4.41 = 1 : 1.5 = 2 : 3.$$

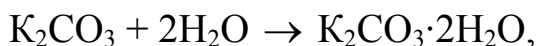
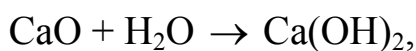
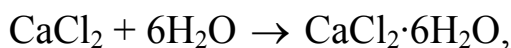
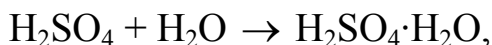
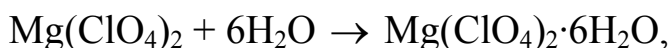
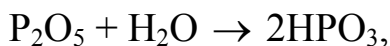
Искомая формула соединения C_3O_2 – диоксид триуглерода.

Структурная формула: $O=C=C=C=O$. Поскольку молекула линейна, тип гибридизации атомов углерода – sp .

2) Получение: дегидратация малоновой кислоты:

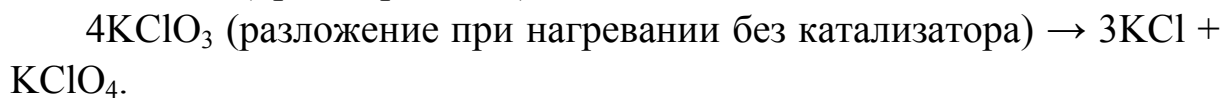
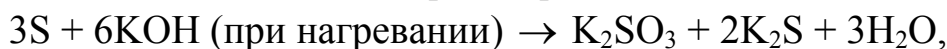


Водоотнимающие средства: P_2O_5 , $Mg(ClO_4)_2$ (ангидрон), концентрированная H_2SO_4 , плавленый $CaCl_2$, свежепрокаленный CaO , свежепрокаленный поташ K_2CO_3 и др.

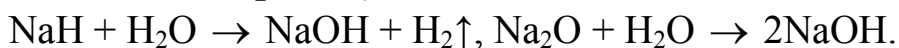
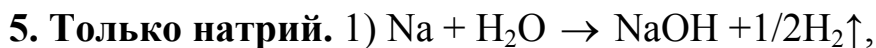
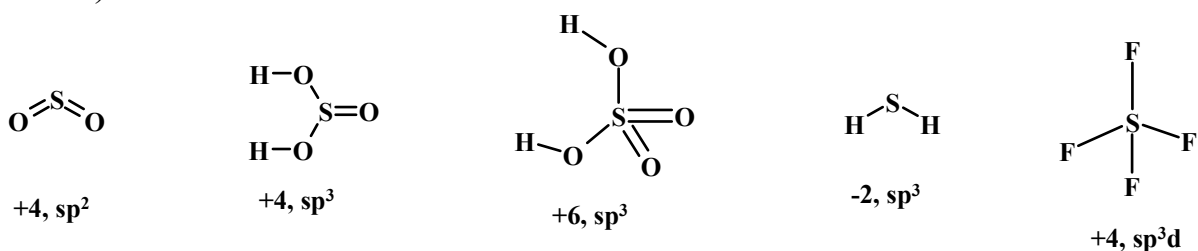


3) При нагревании диспропорционирует

$C_3O_2 \rightarrow CO_2 + C_2$, а далее молекулы C_2 конденсируются в графит $C_{2\infty}$.



2)



2) Учитывая условие $n(\text{Na}) = n(\text{NaH})$ и используя вышеприведенные уравнения, составим следующую таблицу:

Вещество	n вещества, моль	$n(\text{NaOH})$, моль	$n(\text{H}_2)$, моль
Na	n	n	$1/2n$
NaH	n	n	n
Na_2O	$(19.944 - 23n - 24n)/62$	$(19.944 - 23n - 24n)/31$	–

$$m(\text{p-ра}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{смеси}) - m(\text{H}_2) = 119.944 - 3n \cdot M(\text{H}_2)/2,$$

$$m(\text{NaOH}) = 40 \cdot (2n + (19.944 - 47n)/31),$$

$$\omega = m(\text{NaOH})/m(\text{p-ра}),$$

$$\omega = 40 \cdot (2n + (19.944 - 47n)/31) / (119.944 - 3n \cdot M(\text{H}_2)/2) = 0.249,$$

$$n = 0.208 \text{ моль.}$$

$$m(\text{Na}) = 4.784 \text{ г, } \omega(\text{Na}) = 0.2393,$$

$$m(\text{NaH}) = 4.992 \text{ г, } \omega(\text{NaH}) = 0.2503,$$

$$m(\text{Na}_2\text{O}) = 10.168 \text{ г, } \omega(\text{Na}_2\text{O}) = 0.5104,$$

$$m(\text{NaOH}) = 29.76 \text{ г, } n(\text{NaOH}) = 0.744 \text{ моль.}$$

На 24.94 г NaOH приходится 75.06 г H_2O ,

А на 29.76 г NaOH приходится x г H_2O .

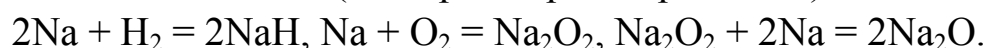
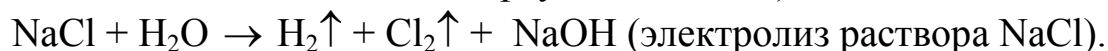
$$x = 89.57 \text{ г } \text{H}_2\text{O}, n(\text{H}_2\text{O}) = 4.976 \text{ моль.}$$

3) Уравнение реакции получения $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$:



Для получения 0.35 моль $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ требуется 0.7 моль NaOH и 3.15 моль H_2O . И то, и другое в избытке, следовательно, можно получить.

4) $2\text{NaCl} \rightarrow 2\text{Na} + \text{Cl}_2 \uparrow$ (электролиз расплава NaCl или раствора NaCl с использованием жидкого ртутного катода).



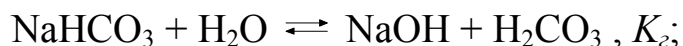
6. Обо всем по чуть-чуть. 1) а) Опилки всплывут, их можно собрать с поверхности. Тертое стекло утонет, жидкость с них можно слить. Спирт отделяется от воды перегонкой. б) Железные стружки отделить магнитом, карбонат кальция отфильтровать, воду испарить. В остатке – хлорид натрия. в) При незначительном нагревании смеси выделится углекислый газ, песок можно отфильтровать, воду испарим – останется сахар. 2) а, е.

7. Задание экспериментального тура. Появление малиновой окраски при добавлении фенолфталеина указывает на щелочную среду в этих растворах. В случае гидроксида натрия (сильного электролита) гидроксильные ионы появляются за счет полной диссоциации NaOH:

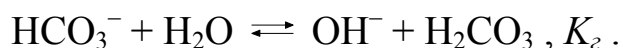


которая не зависит от температуры и, как следствие, окраска этого раствора не изменяется при нагревании.

В растворе гидрокарбоната натрия гидроксильные ионы появляются за счет равновесного процесса гидролиза, который характеризуется константой гидролиза (K_z):



или в ионном виде



Константа гидролиза электролита, образованного катионом сильного основания и анионом слабой кислоты, определяется как

$$K_z = K_w / K_a(\text{H}_2\text{CO}_3).$$

Изменение окраски раствора связано с зависимостью констант K_w и $K_a(\text{H}_2\text{CO}_3)$ от температуры. Очевидно, что ионное произведение воды более сильно повышается с ростом температуры, чем $K_a(\text{H}_2\text{CO}_3)$. Это приводит к тому, что равновесие гидролиза будет смещаться вправо, что приводит к повышению концентрации ионов OH^- , а, следовательно, и к усилению окраски. При понижении температуры исходная окраска восстанавливается, поскольку равновесие гидролиза смещается влево.

10 класс

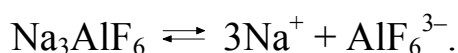
1. Минерал. 1) Рассчитаем суммарную массовую долю алюминия и фтора в минерале. Она равна $100 \% - 32.86 \% = 67.14 \%$. Молекула минерала электронейтральна, степень окисления натрия равна +1, алюминия – +3, а фтора – –1. Обозначим массовую долю алюминия за $x \%$, тогда массовая доля фтора равна $(67.14 - x)\%$. Составим уравнение: $32.86 \cdot (1/23) + x \cdot (3/27) = (67.14 - x) \cdot (1/19)$. Решая уравнение с одним неизвестным, находим, что x равен 12.85 %. Отсюда массовая

доля фтора равна $(67.14 - 12.5) \% = 54.29 \%$. Найдем соотношения индексов при атомах натрия, алюминия и фтора: $(32.86/23) : (12.85/27) : (54.29/19) = 1.429 : 0.476 : 2.857 = 3 : 1 : 6$. Формула минерала – Na_3AlF_6 (криолит).

2) Алюминий в основном получают электролизом. В качестве электролита служит расплав, содержащий 85-90 % криолита и 10-15 % оксида алюминия – глинозема. Такая смесь плавится при температуре около 1000°C . При растворении в расплавленном криолите глинозем ведет себя как соль алюминия и алюминиевой кислоты и диссоциирует на катионы алюминия и анионы кислотного остатка алюминиевой кислоты.

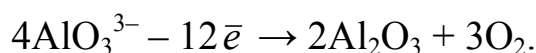


Криолит тоже диссоциирует:



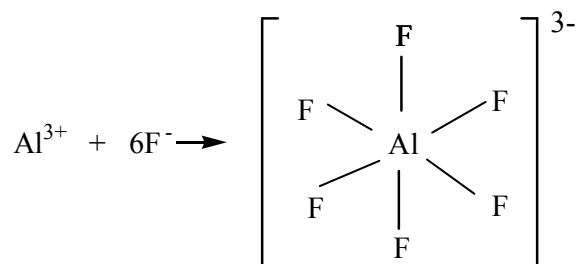
При пропускании электрического тока катионы алюминия и натрия движутся к катоду – графитовому корпусу ванны, покрытому на дне слоем расплавленного алюминия, получаемого в процессе электролиза. Так как алюминий менее активен, чем натрий, то он восстанавливается в первую очередь. Восстановленный алюминий в расплавленном состоянии собирается на дне ванны, откуда его периодически выводят.

Анионы AlO_3^{3-} и AlF_6^{3-} движутся к аноду – графитовым стержням или болванкам. На аноде в первую очередь разряжается анион AlO_3^{3-} .

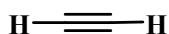


Оксид алюминия вновь диссоциирует, и процесс повторяется. Расход глинозема все время восполняется. Количество криолита практически не меняется.

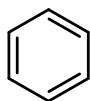
3) Комплексный ион имеет октаэдрическое строение, которое определяется sp^3d^2 гибридизацией центрального атома.



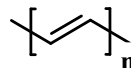
2. Твердое, жидкое, газообразное. 1) Скорее всего, речь идет об органических веществах. Тогда, наиболее вероятно, более легкий элемент в их составе – водород, а более тяжелый – углерод. $\omega(\text{H}) = 1.008/12.9 = 7.8 \%$, $\omega(\text{C}) = 92.2 \%$, то есть общая формула соединений **A, B, C** – C_nH_n .



A (ацетилен)

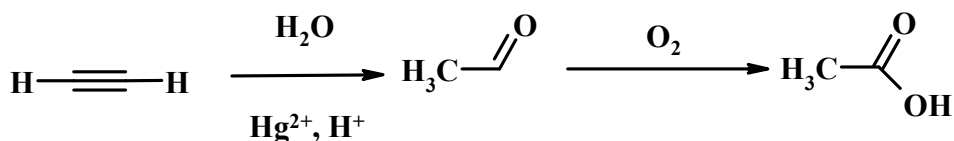
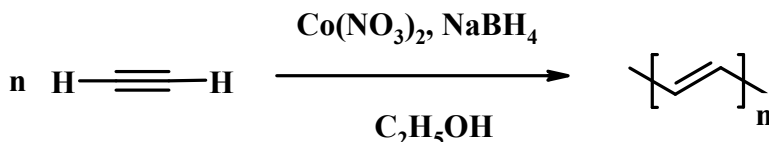
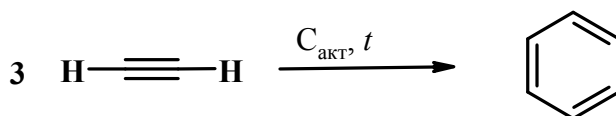
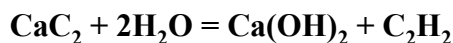


B (бензол)



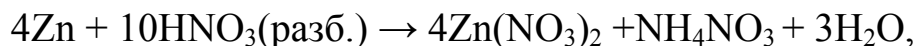
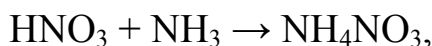
C (полиацетилен)

2) Бензол, как правило, получают в процессе переработки нефти и каменного угля, лабораторные способы его получения имеют лишь теоретическое значение.

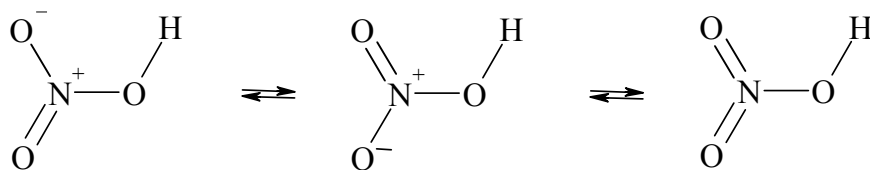


3. Элемент. 1) Элемент **X** – азот; **A** – HNO_3 ; **B** – NH_3 ; **B** – NH_4NO_3 ; **Г** – O_2 ; **Д** – H_2O ; простое соединение элемента **X** – N_2 .

Уравнения реакций:

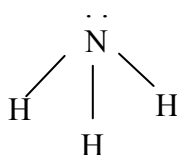


2) Структурную формулу азотной кислоты можно представить таким образом:



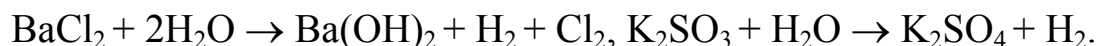
Орбитали атома азота имеют гибридизацию sp^2 , степень окисления (+5), валентность (IV).

Структурная формула аммиака:



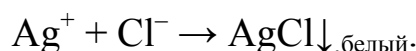
Орбитали атома азота имеют гибридизацию sp^3 , степень окисления (−3), валентность (III).

4. Электролиз. 1) В электролизерах проходят реакции:



Причем, пока не закончится окисление сульфита, кислород выделяться не будет.

Качественная реакция на хлорид ионы:



Осадок растворяется в аммиаке и выпадает снова при подкислении азотной кислотой.

2) Электролизеры соединены последовательно; через них протекает одинаковое количество электричества. На электролиз раствора BaCl_2 пошло 2 моль электронов ($2\text{Cl}^- + 2\bar{e} \rightarrow \text{Cl}_2$), те же 2 моль электронов окислили 1 моль K_2SO_3 в сульфат-ион во втором электролизере (можно представить как $\text{SO}_3^{2-} - 2\bar{e} \rightarrow \text{SO}_3$, затем $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$). Таким образом, по закону Фарадея можно найти количество вещества $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и K_2SO_4 в конце электролиза:

$$n = I \cdot t / n_e F = 32.17 \cdot 3000 / (2 \cdot 96500) = 0.5 \text{ моль}.$$

Исходя из условия задачи, такое же количество вещества было K_2SO_3 и BaCl_2 . Можно рассчитать их молярные концентрации:

$$c(\text{BaCl}_2) = n/V = 0.5/0.455 = 1.10 \text{ моль/л,}$$

$$c(\text{K}_2\text{SO}_3) = 0.5/0.375 = 1.33 \text{ моль/л.}$$

Найдем массовую долю веществ до электролиза. Масса раствора в первом электролизере 455 г, во втором – 375 г (т. к. плотность растворов равна 1 г/мл).

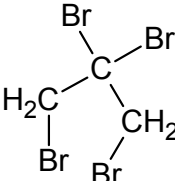
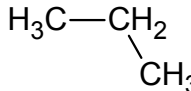
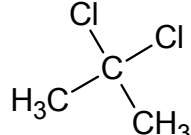
$$\omega = m(\text{BaCl}_2)/m(\text{р-ра}) = n(\text{BaCl}_2) \cdot M_r(\text{BaCl}_2)/455 = 0.5 \cdot 208.23/455 = 0.229 = 22.9 \%,$$

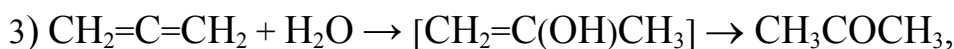
$$\omega = m(\text{K}_2\text{SO}_3)/m(\text{р-ра}) = n(\text{K}_2\text{SO}_3) \cdot M_r(\text{K}_2\text{SO}_3)/375 = 0.5 \cdot 158.21/375 = 0.211 = 21.1 \%.$$

3) При смешении растворов выпадает осадок сульфата бария (0.5 моль, 116.5 г).

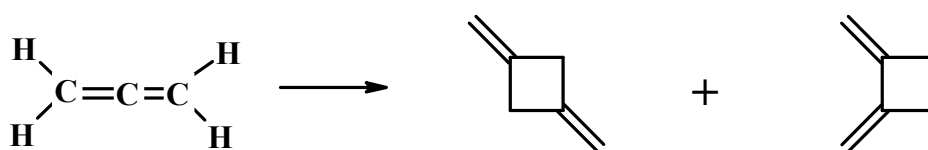
5. Интересный углеводород. 1) **A** – аллен $\text{H}_2\text{C} = \text{C} = \text{CH}_2$.

2)

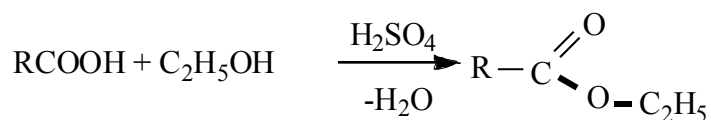
		
Б – 1,2,2,3-тетрабромпропан	В – пропан	Г – 2,2-дихлорпропан



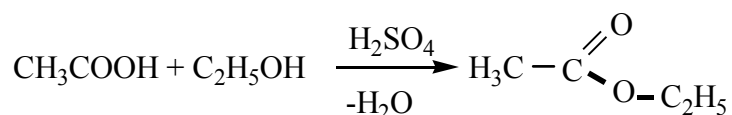
Продукты димеризации – 1,2-диметиленциклобутан и 1,3-диметиленциклобутан:



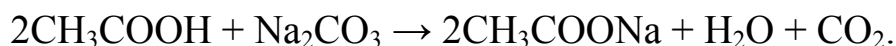
Задача 6. 1) Рассчитаем молекулярную массу вещества **A**. Упоминается реакция этерификации, ее общая схема:



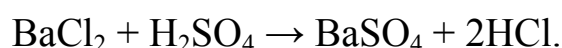
$(M(\text{R}) + 73.07)/(M(\text{R}) + 45.02) = 1.47$, откуда $M(\text{R}) \approx 15$, **R** – метильная группа, тогда **A** – уксусная кислота.



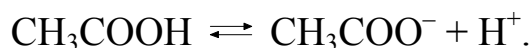
а, в) добавить к растворам карбонат натрия. В растворе уксусной кислоты выделится газ:



б) добавить к обоим растворам раствор хлорида бария. В серной кислоте образуется осадок сульфата бария:



2) Запишем уравнение диссоциации уксусной кислоты:



Пусть N_0 – начальное количество молекул кислоты в растворе, тогда количество продиссоциированных молекул будет равно αN_0 , где α – степень диссоциации кислоты, а число образовавшихся ионов – $2\alpha N_0$. Очевидно, что общее число частиц (молекул уксусной кислоты и ионов, образовавшихся в результате её диссоциации) в растворе будет равно

$$N = N_0 - \alpha N_0 + 2\alpha N_0 = N_0 + \alpha N_0 = N_0(1 + \alpha) = 6.26 \cdot 10^{22}.$$

Исходя из условия задачи

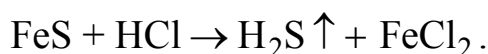
$$N_0 = n \cdot N_A = c \cdot V \cdot N_A = 0.01 \cdot 10 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 6.02 \cdot 10^{22},$$

где n – количество моль вещества **A** в растворе, N_A – постоянная Авогадро, c – концентрация вещества **A**, V – объем раствора вещества **A**.

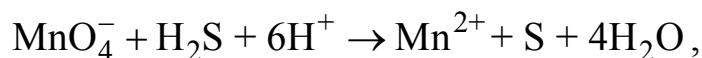
Приведенные выражения для N и N_0 позволяют записать:

$$6.02 \cdot 10^{22}(1 + \alpha) = 6.26 \cdot 10^{22}, \text{ откуда } \alpha = 0.0399 = 3.99 \ \%.$$

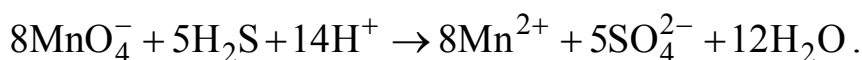
7. Задание экспериментального тура. 1)–4). Зашифрованный элемент – сера (S), существует в виде ромбической (S_8), моноклинной (S_8) и пластической (S_∞) серы. При действии на сульфид железа хлороводородной кислоты протекает реакция:



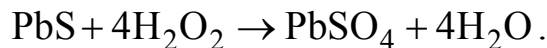
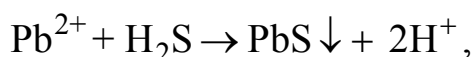
Выделившийся газ – сероводород. При пропускании его через подкисленный раствор перманганата калия происходит обесцвечивание последнего вследствие протекания химической реакции:



можно допустить также:



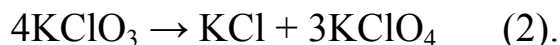
Во втором опыте сначала образуется черный осадок сульфида свинца (II), который растворяется в растворе пероксида водорода с образованием белого осадка сульфата свинца (II). С данными процессами можно столкнуться при работе с картинами, написанными красками, в состав которых входили свинцовые белила. Под воздействием сероводорода, содержащегося в воздухе, картины со временем чернели, и освободить их от темного налета можно, протирая их пероксидом водорода.



11 класс

1. Соли. 1) Скорее, всего, **A** – соль состава KClO_n .

Тогда $M(\text{A}) = 39.1/0.319 \text{ г/моль} = 122.5 \text{ г/моль}$, т. е. вещество **A** – это KClO_3 .



B $\equiv \text{O}_2$, **C** $\equiv \text{KCl}$, **D** $\equiv \text{KClO}_4$.

2) Пусть $m(\text{KClO}_4) = x$, $m(\text{KCl})_1 = y$ (хлорид калия, образовавшийся по реакции (1)), $m(\text{KCl})_2 = z$ (хлорид калия, образовавшийся по реакции (2)). Составим систему уравнений (3) и (4):

$$y + z = 3.02, \quad y = 3.02 - z \quad (3),$$

$$(y + 4z)/M(\text{KCl}) = 9.96/M(\text{KClO}_3) \quad (4), \text{ откуда}$$

$$z = 1.013 \text{ г}, \quad y = 2.007 \text{ г}, \quad x = 5.647 \text{ г}.$$

$$\omega(\text{KCl}) = 34.8 \%, \quad \omega(\text{KClO}_4) = 65.2 \%.$$

3) ClO_3^- : тетраэдр (атом хлора в вершине), sp^3 ; ClO_4^- : тетраэдр (атом хлора в центре), sp^3 .

2. Бинарные газы. 1) Центральный атом может иметь sp , sp^2 или sp^3 гибридизацию; учитывая наличие неподеленной электронной пары, молекула может иметь стехиометрию: EA , EA_2 или EA_3 , соответственно.

Массовая доля второго элемента в A – 8.82 % – очень мала. Имеет смысл допустить, что это – водород. Тогда:

$$n(E) : n(H) = \frac{91.18}{x} : \frac{1.82}{1} = 1:1 \text{ или } 1:2 \text{ или } 1:3.$$

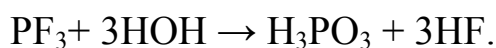
Проверяя каждый вариант, получаем: 1) $x = 10.33$, 2) $x = 20.67$, 3) $x = 31$. Только последний вариант соответствует существующему элементу, это фосфор. Тогда первый газ PH_3 , а второй – PF_3 , так как

$$n(P) : n(Y) = \frac{35.22}{31} : \frac{100 - 35.22}{y} = 1:3 \Rightarrow y = 19,$$

2) sp^3 .

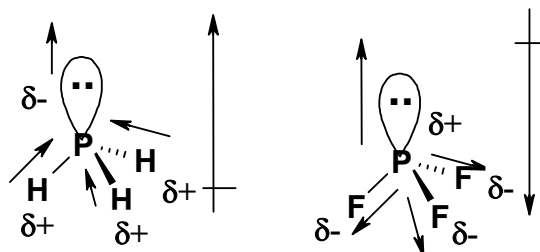
3) Более основный PH_3 , т. к. основность – это способность отдавать электронную пару, а в молекуле PF_3 атомы фтора сильно смещают электронную пару к себе (–I-эффект).

4) Более растворим PF_3 из-за протекания реакции:

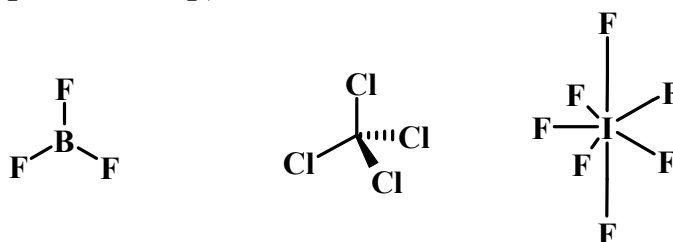


5) Для PH_3 характерны слабые водородные связи.

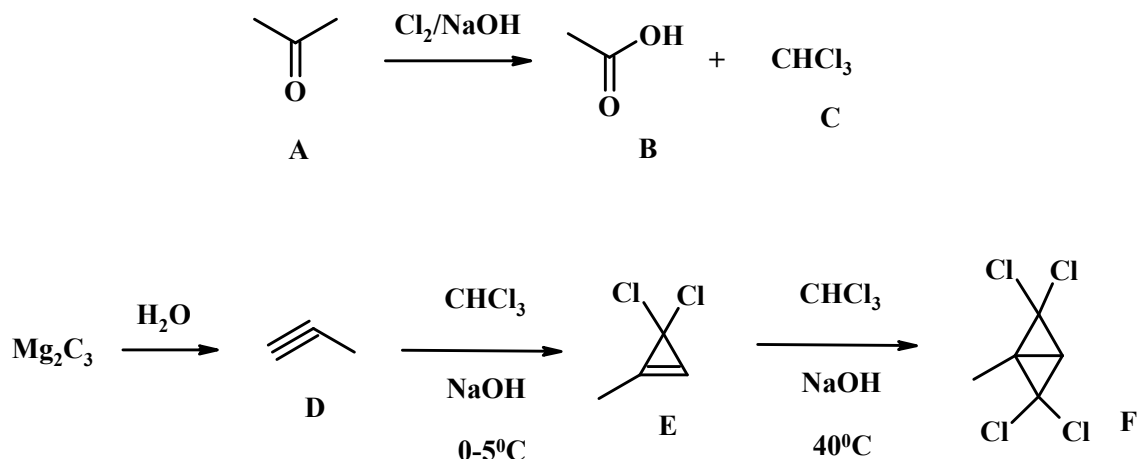
6) Суммарный дипольный момент трех связей P-F преобладает над дипольным моментом, создаваемым неподеленной электронной парой.



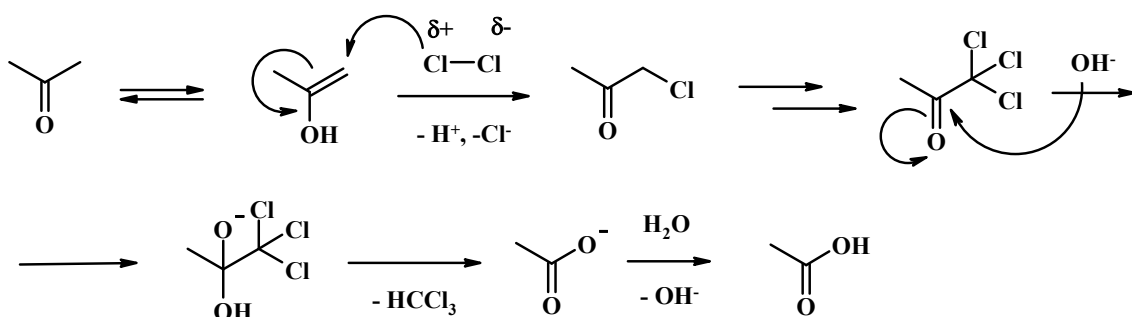
7) Может (в случае симметричного строения и отсутствия неподеленных электронных пар):



3. Растворитель. 1) Кроме углерода и кислорода, соединение **A** содержит еще по крайней мере один элемент. Его мало (10.41 %), поэтому, скорее всего, это – водород. Отсюда формула **A** – C_3H_6O (ацетон). **B** – уксусная (этановая) кислота, **C** – хлороформ (трихлорметан), **D** – пропин, **E** – 1-метил-3,3-дихлорциклопропен-1, **F** – 2,2,4,4-тетрахлор-1-метилбицикло[1.1.0]бутан.



2)



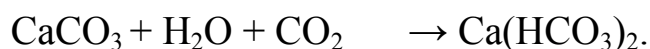
3) Раствор уксусной кислоты (уксус) используется в качестве консерванта и вкусовой добавки, хлороформ использовался в смесях с кислородом для ингаляционного наркоза. В настоящее время из-за своей токсичности вытеснен иными препаратами – циклопропаном, оксидом азота (I), 1,1,1-трифтор-2-бром-2-хлорэтаном (фторотаном) и другими.

4. Известь. 1) Образование осадка при пропускании газа через раствор гашеной извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а потом его растворение – особенность лишь SO_2 и CO_2 , но сернистый газ имеет запах. Итак, **A** – карбонат. Полученный осадок, следовательно, CaCO_3 с количеством вещества 0.03 моль. В 2500 мл приведенного раствора содержится 0.035 моль $\text{Ca}(\text{OH})_2$. При пропускании через него сначала образовалось 0.035 моль карбоната кальция, а далее часть карбоната, а именно 0.005 моль, растворилась с образованием гидрокарбоната кальция.

Рассчитаем общее количество вещества CO_2 , выделившегося в результате взаимодействия соли **A** с соляной кислотой:



0.035 моль 0.035 моль



0.005 моль 0.005 моль

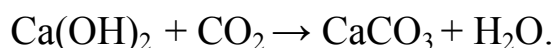
$$v_{\text{общ}}(\text{CO}_2) = (0.035 \text{ моль} + 0.005) \text{ моль} = 0.04 \text{ моль}.$$

Общая формула карбоната металла – Me_2CO_3 , где Me – эквивалент металла.

Тогда: $M(\text{Me}) = (7.89 - 0.04 \times 60.01) / (0.04 \times 2) \text{ г/моль} \approx 68.6 \text{ г/моль}$.
То есть, металл – барий, а соль **A** – BaCO_3 .

2) $\text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 + \lg(0.014 \times 2) = 12.4$, $\omega = 0.014 \times 74.09 / 2500 = 4.1 \times 10^{-4}$.

3) Влажность в оштукатуренных помещениях повышается из-за реакции:

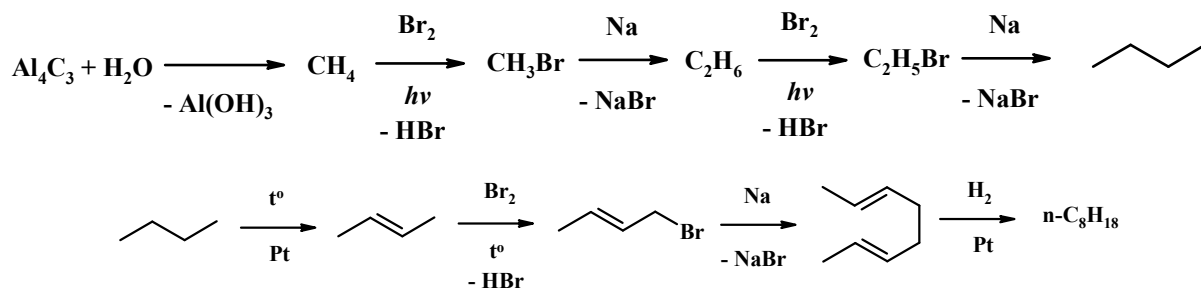


5. 1) Лавуазье	конец теории флогистона
Курциус	азиды
Бертолле	соединения переменного состава
Кекуле	строение бензола
Ленин	Октябрьская революция
Зинин	анилин
Бутлеров	теория строения органических соединений
Вёлер	конец теории витализма
Курчатов	советская ядерная программа
Менделеев	периодический закон

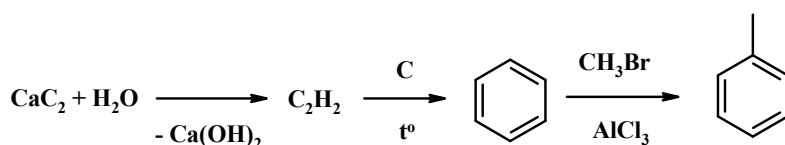
2) а) да, «сырой продукт» – означает неочищенный; б) да, «ледяная уксусная кислота» – это безводная уксусная кислота; в) нет, кристаллизуют из нагретых или кипящих растворителей; г) нет, метанол не дает азеотропной смеси с водой; д) да, «фракционная перегонка» – перегонка с отбором двух или более фракций, отличающихся температурой кипения.

6. Синтез. Внимание! Синтез одинаковых соединений приведен в решении один раз.

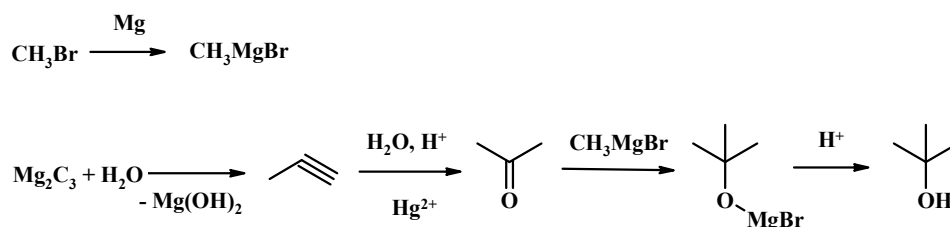
1)



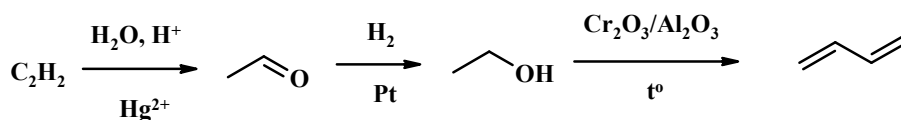
2)



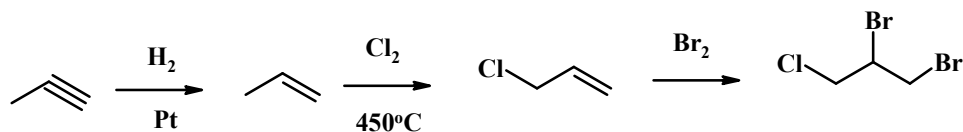
3)



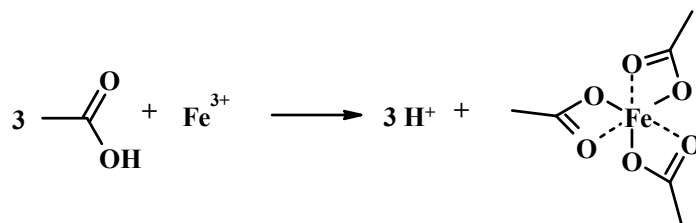
4)



5)

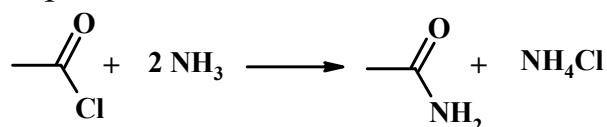


7. Задание экспериментального тура. 1)–4). Производные карбоновой кислоты – это соединения, которые в воде при кислотном или щелочном катализе превращаются в карбоновые кислоты. При добавлении к раствору вещества **A** нескольких капель H_2SO_4 (конц.) и нагревании происходит гидролиз **A** до соответствующей карбоновой кислоты, которая с катионами Fe^{3+} дает красно-коричневое окрашивание. Это качественная реакция на уксусную кислоту:

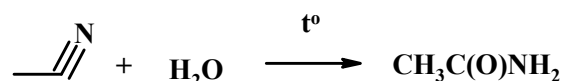


Газ, выделяющийся при щелочном гидролизе соединения **A** и окрашивающий влажную индикаторную бумагу в синий цвет, – аммиак. Следовательно, **A** может быть ацетонитрилом, ацетамидом или ацетатом аммония, т.к все эти соединения гидролизуются до уксусной кислоты и аммиака. Исходя из массовой доли азота в соединении ($\omega(\text{N}) = 23.7\%$) можно рассчитать, что **A** – это ацетамид. Получение ацетамида:

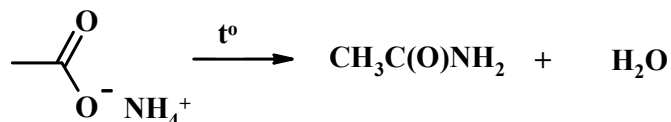
1. Из ацетилхлорида:



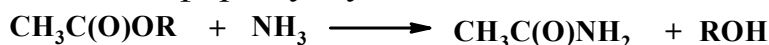
2. Из ацетонитрила:



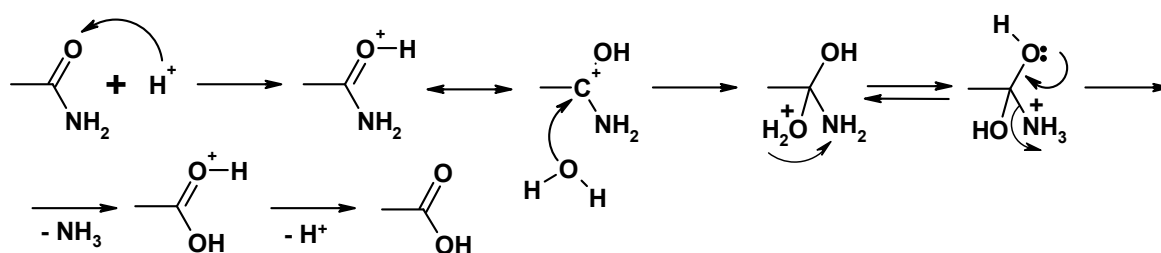
3. При нагревании ацетата аммония:



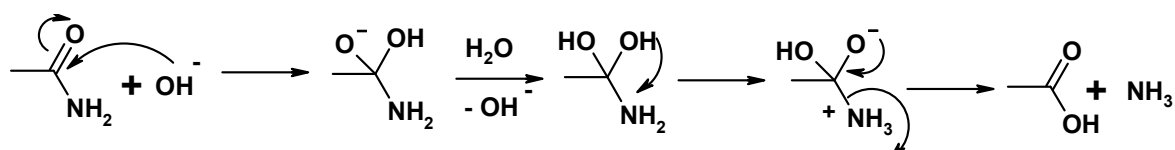
4. Аммонолизом эфиров уксусной кислоты:



Кислотный гидролиз ацетамида:



Щелочной гидролиз ацетамида:



ЗАДАНИЯ 2-ГО ТУРА

8 класс

1. Взрыв. Прочный металлический сосуд объемом 20 л заполнили равными объёмами воздуха и водорода, при этом масса сосуда увеличилась на 46.5 г. Проведя в сосуде электрический разряд, эту смесь взорвали. После взрыва в сосуде установилась температура 450 °С. Принимая, что воздух состоит из кислорода (21 % по объему), азота (78 %) и аргона (1 %), а его молярная масса равна 29 г/моль, рассчитайте состав газовой смеси (в массовых и объёмных долях) и давление в сосуде после взрыва. При расчетах пренебречь изменением объема сосуда при изменении температуры.

2. Выделение компонентов из смесей. Предложите метод, по которому из приведенных систем могут быть выделены указанные компоненты в чистом виде (массы компонентов в смеси считать одинаковыми): 1) выделить хлорид аммония из его твердой смеси с хлоридом натрия и сульфатом кальция; 2) выделить сульфат бария из его сухой смеси с сульфатом кальция; 3) выделить этиловый спирт из его водного раствора; 4) выделить хлорид калия из водного раствора, содержащего KCl и NaCl. Если для выделения вещества из смеси используются химические реакции, то запишите их уравнения. При решении задачи воспользуйтесь следующими справочными данными по растворимости (s) безводных солей в воде (в граммах на 100 г воды): NaCl – при $t=0$ °С $s=35.6$, при $t=100$ °С $s=39.2$; KCl – при $t=0$ °С $s=28.2$, при $t=100$ °С $s=56.2$; BaSO₄ – при $t=0$ °С $s=1.7 \cdot 10^{-4}$, при $t=100$ °С $s=3.9 \cdot 10^{-4}$; CaSO₄ – при $t=0$ °С $s=0.176$, при $t=100$ °С $s=0.067$; NH₄Cl – при $t=0$ °С $s=29.7$, при $t=100$ °С $s=77.3$.

3. Ион фосфония. В сильноокислом водном растворе возможно образование иона фосфония PH_4^+ , который является аналогом иона аммония. 1) Каков механизм образования данного иона? 2) Определите тип гибридизации электронных орбиталей атома фосфора в ионе PH_4^+ . 3) Какова геометрическая форма этого иона? 4) Наиболее устойчивым соединением, содержащим ионы фосфония, является соль PH_4X , где X – неметалл. Определите X, если известно, что при обработке 4.05 г сухого PH_4X раствором щелочи выделяется 560 мл газа (н.у.). 5) Почему, в отличие от азота и фосфора, которые образуют

ионы NH_4^+ и PH_4^+ , для углерода неизвестны стабильные соединения, содержащие ионы CH_5^+ ?

4. Минерал. Навеску минерала, образованного металлом А, массой 22.1 г прокалили без доступа воздуха, в результате чего образовался сухой черный остаток массой 15.9 г. При полном растворении такого же количества минерала в избытке раствора серной кислоты выделилось 2.24 л (н.у.) газа с плотностью по воздуху 1.52. К полученному раствору добавили раствор сульфида натрия, при фильтровании этого раствора отделили черный осадок, масса которого после высушивания без доступа воздуха составила 19.1 г. При дальнейшем прокаливании этого осадка на воздухе его масса уменьшилась на 16.75 %. Полученный после фильтрования раствор проанализировали и установили, что он содержит только ионы Na^+ , S^{2-} и SO_4^{2-} . 1) Определите металл А и формулу его минерала. 2) Назовите этот минерал. Какой он имеет цвет? 3) Как используется этот минерал? 4) Запишите уравнения описанных реакций.

5. Растворение металла в азотной кислоте. При растворении навески неизвестного металла массой 2.8 г в концентрированном растворе азотной кислоты при нагревании выделилось 3321 мл газа (измерено при 20 °С и 110 кПа) и образовался раствор, в котором массовые доли соли и кислоты равны 40 %. 1) Определите металл. 2) Рассчитайте массу раствора кислоты, взятого для растворения, найдите массовую долю азотной кислоты в исходном растворе, а также молярность этого раствора, если известно, что его плотность равна 1.4826 г/см³. 3) Можно было бы корректно ответить на два предыдущих вопроса, если бы в условии задачи было сказано, что кислота разбавлена? Ответ обоснуйте. 4) Приведите несколько реакций, в которых азотная кислота взаимодействует с металлами с образованием различных продуктов восстановления азота.

6. Соль. Соли составляют важнейший класс неорганических соединений. Обычно соли делят на три группы – средние, кислые и основные. 1) Дайте определение понятия солей как класса неорганических соединений. 2) Какие другие типы солей, кроме указанных трёх, Вам известны? Приведите примеры. 3) Приведите по одному химическому уравнению, соответствующему следующим превращениям в растворе, в результате которых образуются только продукты, относящиеся к одному классу – солям:

- а) оксид(1) + оксид(2) → соль(2);
- б) металл(1) + неметал(1) → соль(3);
- в) металл(2) + соль(4) → соль(5);
- г) соль(6) + соль(7) → соль(8);
- д) соль(9) → соль(10) + соль(11);
- е) соль(12) + соль(13) → соль(14).

9 класс

1. Тяжелый оксид. При растворении в азотной кислоте оранжево-красного оксида **A**, содержащего 90.67 % по массе неизвестного элемента, образуется темно-коричневый осадок **B** и бесцветный раствор вещества **C**. Известно, что при пропускании через данный раствор 2 л сероводорода под давлением 908 мм рт. ст. при температуре 18 °С выпадает 23.926 г черного осадка **D**. Растворение в соляной кислоте вещества **B** сопровождается выделением желто-зеленого газа **E** и образованием малорастворимого вещества **F**. 1) Расшифруйте вещества **A – F** и запишите уравнения химических реакций для всех описанных выше превращений. 2) Чем объясняются окислительно-восстановительные свойства вещества **B**? 3) Приведите строение молекул азотной кислоты и сероводорода с указанием типа гибридизации неконцевых атомов.

2. Сульфат. При 20 °С водный насыщенный раствор CuSO_4 содержит 20.9 г соли в 100 г воды. В 110 г этого раствора при нагревании растворили 16.0 г CuSO_4 . 1) Какая масса пентагидрата сульфата меди (II) выпала в осадок при охлаждении образовавшегося раствора до 20 °С? 2) Рассчитайте молярную концентрацию и массовую долю сульфата меди в растворе, насыщенном при 20 °С. Плотность насыщенного раствора CuSO_4 равна 1.20 г/см³. 3) Опишите строение комплексного иона в пентагидрате сульфата меди (II), дигидрате хлорида меди (II) и гексагидрате нитрата меди (II), если известно, что во всех этих соединениях координационное число меди равно 6.

3. Смесь. При действии на 124 г смеси серебра, железа и хрома концентрированной азотной кислоты на холоде выделяется 22.4 л газа. При действии на то же количество смеси концентрированной йодоводородной кислоты выделяется 6.72 л газа. 1) Определите состав смеси, если все измерения проведены при н.у. 2) Приведите уравнения термического разложения нитратов серебра, железа (III) и хрома (III).

4. Разложение. В процессе нагревания 50 г CaCO_3 степень его разложения достигла 75%. 1) Определите минимальное количество теплоты, которое потребовалось для этого, если: $\Delta_f H^\circ(\text{CaCO}_3) = -1206.0$ кДж/моль; $\Delta_f H^\circ(\text{CaO}) = -635.1$ кДж/моль; $\Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) = -393.5$ кДж/моль. 2) Какое минимальное количество угля, содержащего 10 % негорючих минеральных примесей, необходимо сжечь для проведения этого процесса, если используется лишь 80 % выделяющегося тепла?

5. Игра цветов. При пропускании желто-зеленого удушливого газа **A** через горячий раствор едкой щелочи образуются растворимые соли **B** и **C**. Сплавление бесцветных кристаллов соли **B** с хлоридом марганца (II) и избытком той же едкой щелочи приводит к образованию темно-зеленого сплава солей **D** и **C**. При растворении данного сплава наблюдается образование фиолетового раствора соли **E** и выпадение в осадок бурого оксида **F**. Нагревание кристаллов **E** сопровождается выделением газа **G**, поддерживающего горение, а также образованием смеси веществ **D** и **F**. Нагревание кристаллов **B** со следами вещества **F** приводит к образованию соли **C** и выделению газа **G**. 1) Расшифруйте вещества **A** – **G** и приведите уравнения химических реакций для всех описанных превращений, указанием окраски веществ, если соединения **B** и **D** окрашивают пламя в желтый цвет. 2) Чем обусловлена неустойчивость окраски сплава солей **D** и **C** в растворе? Можно ли приготовить раствор вещества **D**? 3) Какую роль выполняют следы вещества **F** при нагревании кристаллов **B**? Приведите уравнение реакции разложения в случае отсутствия следов **F**. 4) Опишите пространственное строение сложных ионов, которые есть в приведенных соединениях, за исключением сложного иона в веществе зеленого цвета.

6. Хлорпроизводные. Предложите по одной формуле углеводородов, имеющих:

а) 1 монохлорпроизводное, 1 дихлорпроизводное, 1 трихлорпроизводное;

б) 1 монохлорпроизводное, 3 дихлорпроизводных, 1 трихлорпроизводное;

в) 2 монохлорпроизводных, 3 дихлорпроизводных, 1 декахлорпроизводное;

г) 2 монохлорпроизводных, 5 дихлорпроизводных, 5 гексахлорпроизводных;

д) 2 монохлорпроизводных, 3 дихлорпроизводных, 1 тетрахлорпроизводное.

Молярная масса исходных углеводородов – не более 60 г/моль.

Справка. Хлорпроизводные – это вещества, которые образуются при замещении атомов водорода атомами хлора. Количество хлорпроизводных указано с учетом образования геометрических изомеров и без учета оптических изомеров.

10 класс

1. Вспомнить все. Раствор, 500 мл которого содержат $3.011 \cdot 10^{22}$ молекул одноосновной карбоновой кислоты **A**, замерзает при -0.188°C . ПМР-спектр кислоты **A** в ДМСО- d_6 содержит сигналы (химический сдвиг, мультиплетность): 11.0, с; 2.71, м; 1.09, д. Соотношение интегральных интенсивностей этих сигналов 1 : 1 : 6. Определите степень и константу диссоциации кислоты **A**. Плотность раствора примите равной 1 г/см^3 ; понижение температуры замерзания раствора описывается уравнением: $\Delta T = Kt$, где t – моляльная концентрация растворенного вещества, K – криоскопическая константа, для воды $K = 1.86 \text{ К} \cdot \text{кг/моль}$. Приведите название кислоты по номенклатуре ИЮПАК.

2. Помогите себе сам. После окончания с отличием химического факультета Харьковского университета Станислав стал предпринимателем и купил автомобиль ВАЗ 2109 1989 г. выпуска. Однажды утром он обнаружил, что машина не заводится, а аккумулятор разряжен. Подробный осмотр аккумулятора показал, что раствор электролита в нем имеет объем 1.5 л вместо положенных 2.0 л и плотность 1.10 г/см^3 вместо положенных 1.29 г/см^3 . Станислав решил исправить положение, добавив в аккумулятор концентрированную кислоту с плотностью 1.83 г/см^3 , которую он попросил у своего соседа, занимавшегося ремонтом электротехники. Объем добавки он рассчитал, найдя в справочнике следующие данные:

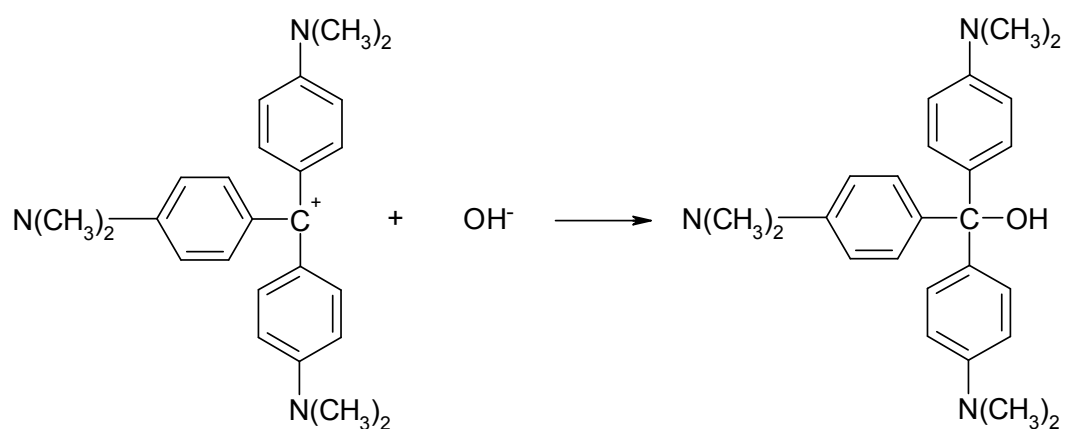
Плотность раствора, г/см^3	1.100	1.290	1.830
Концентрация кислоты, моль/л	1.652	5.068	17.47

Добавив рассчитанный объем концентрированной кислоты, Станислав довел объем электролита в аккумуляторе до двух литров при помощи дистиллированной воды.

К сожалению, машина так и не завелась, и Станислав решил обратиться к другу Александру, который работал в университете. Александр отобрал 5 см^3 полученного Станиславом раствора электролита, перенес его в колбу на 100 см^3 и довел дистиллированной водой до метки. На титрование 20.0 см^3 приготовленного раствора в присутствии индикатора бромкрезолового зеленого (рН перехода окраски 4.6) израсходовано 14.54 см^3 раствора NaOH с концентрацией 0.500 моль/л . На титрование такой же порции раствора в присутствии фенолфталеина (рН перехода окраски 9.1) израсходовано 22.48 см^3 раствора NaOH с такой же концентрацией.

1) Рассчитайте объем раствора концентрированной кислоты с плотностью 1.83 г/см^3 , который необходимо добавить к 1.5 л раствора кислоты с плотностью 1.10 г/см^3 , чтобы потом, доведя объем водой до 2 л , получить раствор с плотностью 1.29 г/см^3 (изменением объемов растворов при смешении пренебрегите). 2) На основании результатов титрования определите, какую кислоту мог дать Станиславу сосед, и рассчитайте концентрации кислот в приготовленном электролите (пренебрегите возможными реакциями между другими компонентами электролита и кислотами). 3) Какую кислоту используют в свинцовом аккумуляторе? Почему ее плотность должна составлять около 1.3 г/см^3 ? Запишите реакции, проходящие на катоде и аноде при работе свинцового аккумулятора.

3. Кинетика обесцвечивания. Трифенилметановый краситель кристаллический фиолетовый (КФ) реагирует с гидроксид-ионом согласно схеме



Так как катион КФ интенсивно окрашен, а продукт реакции является бесцветным, то с течением времени наблюдается обесцвечивание исходного раствора. Благодаря этому кинетику данного процесса

удобно исследовать спектрофотометрически. Установлено, что эта реакция имеет первый порядок по каждому из реагентов. Для определения константы скорости приготовили раствор, в котором начальная концентрация красителя $c_{0,R}=1.44 \cdot 10^{-5}$ моль/л, а $c_{0,NaOH}=7.5 \cdot 10^{-3}$ моль/л. С течением времени оптическое поглощение этого раствора изменялось следующим образом:

Время, сек	0	330	600	720
Поглощение	0.752	0.565	0.411	0.355

Рассчитайте константу скорости реакции обесцвечивания КФ, а также время, за которое интенсивность окраски раствора снизится на 50 % и 99 % от исходного значения.

4. Изоморфизм. Изоморфизм – способность элементов замещать друг друга в кристаллической ячейке. Например, изоморфными являются K_2SO_4 и K_2WO_4 . Соли **A** и **B** являются изоморфными, в их состав входят элементы **X** и **Y** соответственно. 10.00 г вещества **A** реагируют с кислотой, один из продуктов этой реакции взаимодействует далее с оксидом фосфора(V), вследствие чего получается 7.47 г желтого взрывчатого вещества **M**. Вещество **B** является сильным окислителем, его водный раствор имеет характерную окраску. Одним из продуктов разложения 10.00 г **B** при нагревании является черно-коричневое вещество **N** массой 2.75 г, содержащее элемент **Y**. Действием кислоты, содержащей **X**, на вещество **N** в лаборатории часто получают простое вещество элемента **X**. Простые вещества элементов **X** и **Y** непосредственно взаимодействуют между собой, образуя соединение, в котором массовая доля **Y** составляет 43.65 %.

1) Расшифруйте все вещества, обозначенные буквами. Для соли **B** изобразите пространственное строение аниона, укажите тип гибридизации центрального атома. 2) Напишите уравнения всех реакций. Именем какого ученого назван промышленный способ получения простого вещества **X**? 3) Что будет, если с **B** проделать те же превращения, что и с **A**? Опишите цвет, агрегатное состояние и химическую активность вещества, полученного в итоге этих превращений. 4) Объясните относительную устойчивость аниона вещества **A** по сравнению с анионами, содержащих меньше кислорода.

5. Реакции и спектры. Для указанных ниже веществ укажите структурные формулы, схематически приведите ПМР-спектры. На

спектрах укажите, к каким протонам относятся сигналы, а также укажите их мультиплетность: а) 1,2-диметоксиэтан; б) бромэтилен; в) *E*-1-бром-2-нитроэтилен; г) пропин-1-ол-3; д) 2R,3S-2,3-дибромбутан. Как можно получить 1,2-диметоксиэтан, пропин-2-ол-1 и 2R,3S-2,3-дибромбутан из неорганических соединений? Приведите схемы реакций. В каком из веществ – бромэтилене или *E*-1-бром-2-нитроэтилене – будет легче происходить замещение брома нуклеофилами? Почему? Сравните механизмы.

6. Газ. Газ **A** широко используется в промышленности. При его окислении в определенных условиях образуется газ **Б** с плотностью по водороду, равной 15, причем изменение давления не приводит к сдвигу равновесия. При последующем окислении образуется соединение **В** ($\omega_{\text{O}} = 69.52\%$), при растворении которого в воде образуется раствор, окрашивающий лакмусовую бумажку в малиновый цвет. Соединение **В** в растворе способно к димеризации. При его нагревании в зависимости от условий может образовываться 2 газовых смеси, причем плотность каждой по водороду равна 11.5. 1) Определите зашифрованные вещества, приведите схемы реакций. 2) Приведите 2-3 промышленных синтеза с использованием **A**. 3) Объясните причину димеризации **В**.

11 класс

1. Гидролиз. Некоторое органическое соединение **A** ($\text{C}_{12}\text{H}_{18}\text{O}_8$) при кислотном гидролизе превращается в вязкую жидкость **В** ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$) и кислоту **С**, которая, в свою очередь, при легком нагревании выделяет газ **Х** (1.964 г/л при н.у.) с образованием вещества **Д**. **Д** дает реакцию «серебряного зеркала», а пары **Д** имеют такую же плотность, как и газ **Х**. При щелочном гидролизе вещества **A** образуется соединение **В** и **Е** ($\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4$), которое содержит циклический фрагмент и при нагревании не выделяет газа **Х**. 1) Определите неизвестные вещества. 2) Объясните, почему **С** легко превращается в **Д**. 3) Приведите механизмы кислотного и щелочного гидролиза соединения **A**.

2. Кинетика обесцвечивания. Задача аналогична заданию № 3 для 10 класса.

3. Гетероцикл. Карбонильные соединения **A** (прозрачная жидкость, легко окисляется кислородом воздуха, с горьковато-миндальным запахом, $\omega_{\text{C}} = 79.23\%$, $\omega_{\text{H}} = 5.70\%$, $\omega_{\text{O}} = 15.08\%$) и **В**

(жидкость, устойчивая к окислению, $\omega_O = 27.55\%$) могут вступать в реакцию между собой в условиях щелочного катализа, приводя к образованию ненасыщенного карбонильного соединения **C**, при условии, что соединение **B** берется для реакции со значительным избытком. Вещество **C** вступает в реакцию с диэтилмалонатом в присутствии этилата натрия с образованием соединения **D**, которое при обработке раствором концентрированной соляной кислоты переходит в вещество **E** ($C_{12}H_{12}O_2$), способное находиться в растворе в двух таутомерных формах. При нагревании **E** с бромом в диметилформамиде образуется производное двухатомного фенола **F**. Если же вещество **E** обработать SO_2Cl_2 , получится хлорпроизводное **G**, которое при реакции с тиомочевинной дает гетероциклическое производное **H** ($\omega_N = 11.47\%$).

1) Расшифруйте соединения **A–H**, приведите все уравнения реакций, упомянутые в условии задачи. 2) В каких таутомерных формах способно существовать соединение **E**? В какой форме оно вступает в реакцию с бромом? Приведите механизм реакции. 3) Как с помощью качественных реакций отличить: а) **A** и **B**; б) диэтилмалонат и **F**; в) **C** и **G**? Приведите уравнения реакций.

4. Кислота. Раствор, 500 мл которого содержат $3.011 \cdot 10^{22}$ молекул одноосновной карбоновой кислоты **A**, замерзает при $-0.188^\circ C$. ПМР-спектр кислоты **A** в ДМСО- d_6 содержит сигналы (химический сдвиг, мультиплетность): 11.0, с; 2.71, м; 1.09, д. Соотношение интегральных интенсивностей этих сигналов 1 : 1 : 6. 1) Определите степень и константу диссоциации кислоты **A**. Плотность раствора примите равной 1 г/см^3 ; понижение температуры замерзания раствора описывается уравнением: $\Delta T = Kt$, где t – моляльная концентрация растворенного вещества, K – криоскопическая константа, для воды $K = 1.86 \text{ К} \cdot \text{кг/моль}$. 2) Предложите схему синтеза этой кислоты, исходя из неорганических соединений, а из нее синтезируйте *изо*-пропиламин.

5. Тяжелый оксид. При растворении в азотной кислоте оранжево-красного оксида **A**, содержащего 90.67 % по массе неизвестного элемента, образуется темно-коричневый осадок **B** и бесцветный раствор вещества **C**. Известно, что при пропускании через данный раствор 2 л сероводорода под давлением 908 мм рт. ст. при температуре $18^\circ C$ выпадает 23.926 г черного осадка **D**. Растворение в соляной кислоте вещества **B** сопровождается выделением желто-зеленого газа **E**

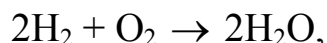
и образованием малорастворимого вещества **Г**. 1) Расшифруйте вещества **А – Г** и запишите уравнения химических реакций для всех описанных выше превращений. 2) Может ли неизвестный элемент, входящий в состав **А**, образовывать летучие соединения? Если да – приведите формулы и методы синтеза двух принципиально различных соединений.

6. Спектры. 1) В ПМР-спектре N,N-диметилформаида (Me_2NCHO), записанном при комнатной температуре, наблюдается 3 сигнала. Объясните, схематически изобразите спектр. 2) В ПМР-спектре соединения, полученного при реакции 5-хлор-1,3-циклопентадиена с дихлоридом железа в присутствии металлического натрия, наблюдается 1 сигнал. Приведите строение полученного соединения, объясните картину в ПМР-спектре. 3) Эквимолярная смесь уксусной и муравьиной кислот дает 3 сигнала в ПМР-спектре, записанном в DMSO-d_6 . Объясните. 4) Соотнесите вещества с наблюдаемой в их ПМР-спектрах мультиплетностью сигналов: а) триплет, квартет; б) триплет, дублет; в) дублет, дублет; г) мультиплет, мультиплет; д) дублет, мультиплет (4-фторбромбензол, нафталин, 4-нитрохлорбензол, бромэтан, 2,3-диметилбутан). 5) В спектрах, измеряемых в DMSO-d_6 , всегда присутствует квинтет (т. е., сигнал, содержащий 5 линий) при 2.49 м.д. Чем обусловлено его наличие?

РЕШЕНИЯ И ОТВЕТЫ К ЗАДАНИЯМ 2-ГО ТУРА

8 класс

1. Взрыв. Так как объемы воздуха и водорода одинаковы, то одинаковы и количества моль вещества в воздухе и водорода. Если смешать по 1 моль воздуха и водорода, то масса полученной смеси будет 31 г. Так как в сосуде находится 46.5 г вещества, то это означает, что количества воздуха и водорода в $46.5/31 = 1.5$ раза больше, т.е. $n_0(\text{воздух}) = n_0(\text{водород}) = 1.5$ моль. Учитывая, что для газовых смесей объемные и мольные доли совпадают, находим, $n(\text{кислород}) = 1.5 \cdot 0.21 = 0.315$ моль, $n(\text{азот}) = 1.5 \cdot 0.78 = 1.17$ моль, $n(\text{аргон}) = 1.5 \cdot 0.01 = 0.015$ моль. При взрыве происходит окисление водорода



причем кислород находится в недостатке, поэтому количество образующейся воды будет равно удвоенному количеству имеющегося кислорода: $n(\text{вода}) = 2 \cdot 0.315 = 0.63$ моль, кислород израсходуется полностью, водорода в сосуде останется $n(\text{водород}) = 1.5 - 0.63 = 0.87$ моль, а количества азота и аргона не изменятся. Общее количество вещества в сосуде будет равно

$$\begin{aligned} n &= n(\text{водород}) + n(\text{вода}) + n(\text{азот}) + n(\text{аргон}) = \\ &= 0.87 + 0.63 + 1.17 + 0.015 = 2.685. \end{aligned}$$

После взрыва в сосуде установится давление

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{2.685 \cdot 8.314 \cdot (450 + 273)}{20 \cdot 10^{-3}} = 8.63 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

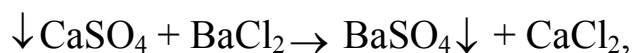
Состав системы после взрыва, мольные доли: $x(\text{водород}) = 0.87/2.685 = 0.324$, $x(\text{вода}) = 0.63/2.685 = 0.249$, $x(\text{азот}) = 1.17/2.685 = 0.438$, $x(\text{аргон}) = 0.015/2.685 = 0.006$.

Для расчета массовых долей компонентов найдем их массы: $m(\text{водород}) = 0.87$ г, $m(\text{вода}) = 0.63 \cdot 18 = 11.34$ г, $m(\text{азот}) = 1.17 \cdot 28 = 32.76$ г, $m(\text{аргон}) = 0.015 \cdot 40 = 0.09$ г. Общая масса газовой системы равна 45.06 г, ее состав: $\omega(\text{водород}) = 0.0193$, $\omega(\text{вода}) = 0.2517$, $\omega(\text{азот}) = 0.7270$, $\omega(\text{аргон}) = 0.0020$.

2. Выделение компонентов из смесей. 1) Для выделения хлорида аммония из его твердой смеси с хлоридом натрия и сульфатом

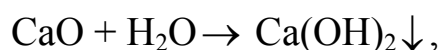
кальция данную смесь необходимо нагреть. При 338 °С NH_4Cl возгоняется, распадаясь на газообразные аммиак и хлороводород, которые при охлаждении снова соединяются, давая соль. Таким методом можно выделить чистый NH_4Cl практически без потерь. Если для разделения воспользоваться различием в растворимости, то растворяя данную смесь в кипящей воде так, чтобы образовался насыщенный раствор, в котором будет большое содержание NH_4Cl , NaCl и очень незначительное количество CaSO_4 . Охлаждая этот раствор до 0 °С, получим осадок, содержащий NH_4Cl и незначительное количество NaCl , поскольку растворимость последней соли только слегка уменьшается при снижении температуры. Проводя данную очистку несколько раз, можно будет получить практически чистый NH_4Cl с небольшими потерями.

2) Для выделения сульфата бария из его сухой смеси с сульфатом кальция необходимо воспользоваться различием в их растворимости, которое при 0 °С составляет около тысячи раз. Причем, в присутствии CaSO_4 растворимость BaSO_4 будет еще меньше, то есть в насыщенном растворе, находящемся в контакте с такой смесью солей содержание CaSO_4 будет более, чем в 1000 раз больше, по сравнению с BaSO_4 . Благодаря этому, растворяя данную смесь в большом количестве холодной воды так, чтобы образовывался насыщенный раствор, и повторяя данную операцию несколько раз, можно будет практически полностью растворить CaSO_4 , получая BaSO_4 практически в чистом состоянии и без потерь. Если попытаться разделить данную смесь химическим путем, то можно подействовать на нее раствором хлорида бария при перемешивании. В растворе будет протекать реакция



и в осадке останется только сульфат бария.

3) Водный раствор этилового спирта может быть разделен на компоненты обычной перегонкой, но при этом получается азеотроп с содержанием спирта 95.7 % (по массе). Для дальнейшего отделения воды необходимо использовать химические методы, среди которых классическим является кипячение данного азеотропа спирта с обратным холодильником в присутствии окиси кальция с последующей перегонкой. Вода при этом связывается оксидом,



а образующийся гидроксид практически не растворим в спирте и остается в колбе после перегонки. С этой же целью можно использовать кипячение азеотропа с содержанием спирта 95.7 % с магниевой стружкой, при этом вода реагирует с магнием, а спирт – нет. Также можно использовать и безводный карбонат калия, который связывает воду из азеотропа, образуя кристаллогидрат. В промышленности для производства безводного этилового спирта часто используют бензол, который образует с этиловым спиртом и водой тройной азеотроп, кипящий при 64.86 °С. Для этого к азеотропу спирт – вода добавляют приблизительно 5 % бензола и перегоняют. Вода при этом удаляется в составе тройного азеотропа, содержащего 18.5 % этанола, 7.4 % воды и 74.1 % бензола, а после перегонки остается практически чистый спирт. При этом есть небольшие потери продукта.

4) Для выделения хлорида калия из водного раствора, содержащего KCl и NaCl, это раствор необходимо выпарить и получить твердую смесь солей. Затем нужно растворить данную смесь в кипящей воде так, чтобы образовался раствор, насыщенный относительно обеих солей. Охлаждая этот раствор до 0 °С, получим осадок, содержащий KCl и незначительное количество NaCl, поскольку растворимость последней соли только слегка уменьшается при снижении температуры. Полученный после выпадения кристаллов раствор, нужно снова использовать для растворения очередной порции смеси KCl и NaCl при 100 °С, из которой при охлаждении получим очередную порцию кристаллов с большим содержанием KCl. Проводя данную процедуру многократно, можно будет получить практически чистый KCl с небольшими потерями.

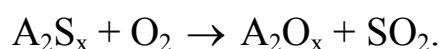
3. Ион фосфония. Ион фосфония образуется по донорно-акцепторному механизму, причем атом фосфора выступает в качестве донора электронной пары, а катион водорода – в качестве акцептора. В этом ионе электронные орбитали атома фосфора находятся в состоянии sp^3 гибридизации. Ион фосфония имеет форму правильной пирамиды – тетраэдра, в центре которого находится атом фосфора, а в вершинах – атомы водорода. При обработке щелочью сухого вещества PH_4X протекает реакция



Количество вещества фосфина составляет $0.560/22.4 = 0.025$ моль, значит 4.05 г вещества составляет также 0.025 моль, а молярная масса

вещества $4.05/0.025 = 162$ г/моль, тогда молярная масса X – 127 моль/л, то есть X – это йод.

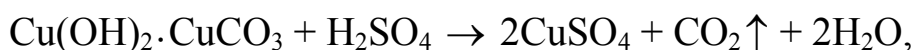
4. Минерал. Предположим, что после прокаливания минерала без доступа воздуха образуется оксид металла А, пусть его формула будет A_2O_x , где x – валентность металла. При обработке минерала раствором серной кислоты выделился газ, молярная масса которого составляет $29 \cdot 1.52 = 44$ г/моль, по-видимому, это CO_2 . Количество выделившегося газа равно $2.24/22.4 = 0.1$ моль, если это CO_2 , то его масса равна 4.4 г. После добавления сульфида натрия осаждается сульфид металла А, его формула A_2S_x . После прокаливания сульфида он переходит в оксид согласно уравнению



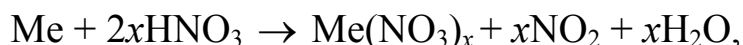
Масса сульфида после прокаливания составила $19.1(1 - 0.1675) = 15.9$ г, то есть образовалась такая же, как и раньше, масса оксида металла, значит весь металл был осажден в виде сульфида, а прокаливание минерала без доступа воздуха действительно дает оксид металла А. Очевидно, что количества моль оксида и сульфида одинаковы, поэтому

$$\frac{19.1}{2M_A + 32x} = \frac{15.9}{2M_A + 16x}, \quad M_A = 31.75x,$$

при $x = 2$, А соответствует меди, а 15.9 г CuO составляют $15.9/79.5 = 0.2$ моль. При разложении навески минерала кроме оксида меди и CO_2 образуется еще какое-то вещество массой $22.1 - (15.9 + 4.4) = 1.8$ г. Предположим, что это неизвестное вещество – вода, тогда количество вещества воды равно 0.1 моль, а навеска минерала содержит $0.2CuO + 0.1CO_2 + 0.1H_2O$, следовательно, простейшая формула минерала $2CuO \cdot CO_2 \cdot H_2O$ или $Cu(OH)_2 \cdot CuCO_3$; это – малахит, минерал зеленого цвета, который используется в ювелирном деле. Уравнения реакций:



5. Растворение металла в азотной кислоте. 1) При растворении металла в концентрированном растворе азотной кислоты выделяется диоксид азота. Растворение происходит согласно уравнению



где x – валентность металла. Количество NO_2 равно:

$$n(\text{NO}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{110000 \cdot 3321 \cdot 10^{-6}}{8.314 \cdot (20 + 273)} = 0.15 \text{ моль.}$$

Молярная масса металла может быть рассчитана исходя из уравнения

$$\frac{0.15}{x} = \frac{2.8}{M(\text{Me})}, \quad M(\text{Me}) = \frac{2.8}{0.15}x = 18.67x,$$

$$x = 3, \quad M(\text{Me}) = 56 \text{ г/моль, это – железо.}$$

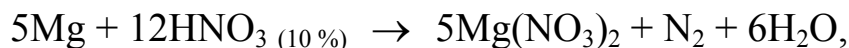
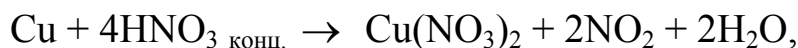
2) Уравнение реакции имеет вид



Количество вещества соли составляет $2.8/56 = 0.05$ моль, ее масса равна $0.05 \cdot 242 = 12.1$ г. Масса азотной кислоты в конечном растворе также равна 12.1 г, а масса воды – $12.1/2 = 6.05$ г. Масса конечного раствора составляет $12.1 + 12.1 + 6.05 = 30.25$ г, а масса исходного – $30.25 - 2.8 + 0.15 \cdot 46 = 34.35$ г. Масса кислоты в исходном растворе равна $12.1 + 6 \cdot 0.05 \cdot 63 = 31$ г, а её массовая доля составляет $31/34.35 = 0.902$ или 90.2 %.

3) Если бы в условии задачи было сказано, что раствор кислоты разбавленный, то не было бы определенности относительно продукта восстановления азота из нитрат-иона, а выделившийся при реакции газ вполне мог бы быть и газовой смесью, состоящей из NO_2 , NO , N_2O , N_2 и H_2 . Очевидно, что точное решение задачи в этом случае было бы невозможно.

4) Чем меньше концентрация азотной кислоты в растворе, тем полнее протекает восстановление азота, например:



6. Соль. 1) Соли – вещества, диссоциирующие в растворе с образованием катионов металлов и анионов кислотных остатков; также в их растворах могут содержаться ионы H^+ и OH^- . 2) Кроме трех указанных групп солей, известны также другие их типы, например: *двойные соли*, в которых содержатся два разных катиона и один анион: $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ (доломит), $KCl \cdot NaCl$ (сильвинит), $KAl(SO_4)_2$ (алюмокалиевые квасцы); *смешанные соли*, в которых содержится один катион и два разных аниона: $CaOCl_2$ (или $Ca(OCl)Cl$); *комплексные соли*, в состав которых входит комплексный ион: $K_3[Fe(CN)_6]$, $[Ag(NH_3)_2]Cl$; *гидратные соли*, в которых содержатся молекулы кристаллизационной воды: $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ (глауберова соль).

3) Уравнения реакций, соответствующие химическим превращениям:

- а) $K_2O + SO_3 \rightarrow K_2SO_4$;
- б) $2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$;
- в) $Fe + 2FeCl_3 \rightarrow 3FeCl_2$;
- г) $AlF_3 + 3NaF \rightarrow Na_3[AlF_6]$;
- д) $4KClO_3 \rightarrow 3KClO_4 + KCl$;
- е) $KI + AgNO_3 \rightarrow KNO_3 + AgI \downarrow$.

9 класс

1. Тяжелый оксид. 1) Установим состав оксида $\text{Э}_2\text{O}_x$ неизвестного элемента:

$$\omega(\text{Э}) = \frac{2M(\text{Э})}{2M(\text{Э}) + xM(\text{O})} = \frac{2M(\text{Э})}{2M(\text{Э}) + 16.00x} = 0.9067,$$

$$2M(\text{Э}) = 1.8134M(\text{Э}) + 14.5072x, \quad M(\text{Э}) = 77.74x.$$

Результаты вычисления молярной массы элемента в оксиде сведены в таблицу.

x	M(Э), г/моль	Э
1	77.74	—
2	155.48	—
3	233.22	—
4	310.96	—

Исходя из данных таблицы, приходим к выводу, что **A** – оксид с нетривиальной стехиометрией. Поскольку осадок **D** образуется при пропускании моносulfана (сероводорода) через раствор **C**, то, вероятно, **D** – сульфид $\text{Э}_2\text{S}_y$ неизвестного элемента, количество вещества которого

$$n(\text{Э}_2\text{S}_y) = \frac{m(\text{Э}_2\text{S}_y)}{2M(\text{Э}) + yM(\text{S})} = \frac{n(\text{H}_2\text{S})}{y}.$$

Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона:

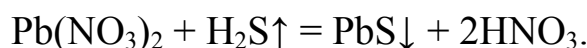
$$n(\text{H}_2\text{S}) = \frac{pV}{RT} = \frac{908 \cdot \frac{101325}{760} \cdot 0.002}{8.314 \cdot 291.15} = 0.10 \text{ моль};$$

$$\frac{23.926}{2M(\text{Э}) + 32.06y} = \frac{0.10}{y}, \quad 23.926y = 0.2M(\text{Э}) + 3.206y, \quad M(\text{Э}) = 103.60y.$$

Результаты вычисления молярной массы элемента в сульфиде приведены в таблице.

y	M(Э), г/моль	Э
1	103.60	–
2	207.20	Pb
3	310.80	–

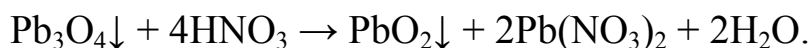
Следовательно, неизвестный элемент – Pb, а черный осадок **D** – PbS. Тогда вещество **C**, полученное после растворения **A** в азотной кислоте, – $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$:



Таким образом, оксид **A** – нетривиальный оксид свинца со стехиометрией:

$$n(\text{Pb}):n(\text{O}) = \frac{w(\text{Pb})}{M(\text{Pb})} : \frac{w(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{0.9067}{207.20} : \frac{0.0933}{16.00} = 1.00 : 1.33 = 3 : 4.$$

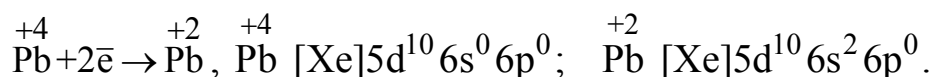
Искомый оранжево-красный оксид **A** – Pb_3O_4 или $2\text{PbO} \cdot \text{PbO}_2$ частично растворяется в азотной кислоте. В осадке остается темно-коричневый оксид PbO_2 – **B**:



Полученный оксид растворяется в соляной кислоте с выделением газообразного Cl_2 (газ E) и образованием малорастворимого PbCl_2 (вещество F):

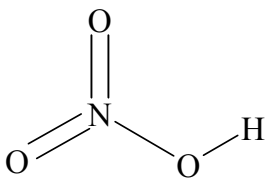
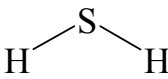


2) Характерные для PbO_2 окислительные свойства трактуются с позиций электронного строения частиц в окислительно-восстановительном процессе:



За счет эффекта проникновения под внутренние $[\text{Xe}]5d^{10}$ -оболочки электронная пара $6s^2$ обладает повышенной устойчивостью к ионизации, что обуславливает наличие окислительных свойств у бр-элементов, окисленных до $6s^0$ -конфигураций.

3) Строение молекул азотной кислоты и моносульфана:

HNO_3	H_2S
	
$\text{N} - sp^2, \text{O} - sp^3$	$\text{S} - sp^3$

2. Сульфат. 1), 2) Массовая доля сульфата меди в насыщенном при 20°C растворе:

$$\omega(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{m(\text{CuSO}_4) + m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{20.9}{20.9 + 100.0} = 0.173.$$

Массы сульфата меди и воды в растворе при нагревании:

$$m(\text{CuSO}_4) = m_{p-p} \cdot w(\text{CuSO}_4) + \Delta m(\text{CuSO}_4) = 110.0 \cdot 0.173 + 16.0 = 35.0 \text{ г};$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{p-p} \cdot (1 - w(\text{CuSO}_4)) = 110.0 \cdot (1 - 0.173) = 91.0 \text{ г}.$$

Представим массу пентагидрата сульфата меди, выпадающую в осадок при охлаждении раствора до 20°C , в виде суммы:

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \Delta m'(\text{CuSO}_4) + \Delta m'(\text{H}_2\text{O}).$$

Массовая доля сульфата меди в растворе после охлаждения до 20 °С:

$$\omega(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4) - \Delta m'(\text{CuSO}_4)}{m(\text{CuSO}_4) + m(\text{H}_2\text{O}) - \Delta m'(\text{CuSO}_4) - \Delta m'(\text{H}_2\text{O})}.$$

$$0.173 = \frac{35.0 - \Delta m'(\text{CuSO}_4)}{126.0 - \Delta m'(\text{CuSO}_4) - \Delta m'(\text{H}_2\text{O})}.$$

Массы сульфата меди и воды в кристаллогидрате соотносятся как:

$$5 \cdot \frac{\Delta m'(\text{CuSO}_4)}{M(\text{CuSO}_4)} = \frac{\Delta m'(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})}.$$

$$\Delta m'(\text{H}_2\text{O}) = \frac{5 \cdot \Delta m'(\text{CuSO}_4) \cdot 18.02}{159.60} = 0.565 \cdot \Delta m'(\text{CuSO}_4);$$

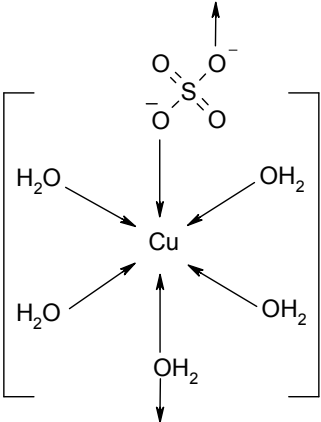
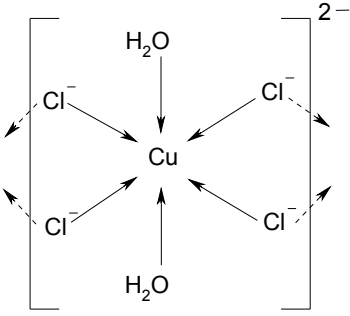
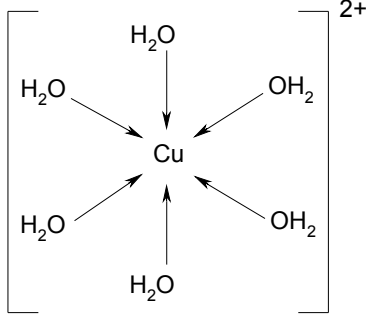
$$0.173 = \frac{35.0 - \Delta m'(\text{CuSO}_4)}{126.0 - 1.565 \cdot \Delta m'(\text{CuSO}_4)};$$

$$\Delta m'(\text{CuSO}_4) = 18.1 \text{ г}, \Delta m'(\text{H}_2\text{O}) = 10.2 \text{ г}, m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 28.3 \text{ г}.$$

Молярная концентрация насыщенного раствора равна:

$$c(\text{CuSO}_4) = \frac{w(\text{CuSO}_4) \cdot \rho}{M(\text{CuSO}_4)} = \frac{0.173 \cdot 10^3}{159.60} = 1.08 \text{ моль/л}.$$

3) Строение комплексных ионов меди в кристаллогидратах:

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
		
тетрагональная бипирамида	октаэдр	

Во всех структурах тип гибридизации комплексообразователя sp^3d^2 .

3. Смесь. 1) Концентрированная азотная кислота на холоде пассивирует железо и хром, в ней растворяется только серебро:

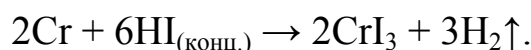
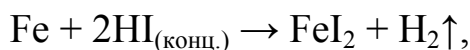


$$m(\text{Ag}) = n(\text{NO}_2) \cdot M(\text{Ag}) = \frac{V(\text{NO}_2)}{V_M} \cdot M(\text{Ag}),$$

$$m(\text{Ag}) = \frac{22.4}{22.4} \cdot 107.87 = 107.87 \text{ г},$$

$$m(\text{смеси}) - m(\text{Ag}) = 124.00 - 107.87 = 16.13 \text{ г}.$$

С концентрированной йодоводородной кислотой не реагирует серебро.



$$\frac{m(\text{Fe})}{M(\text{Fe})} = \frac{V(\text{H}_2)_{\text{Fe}}}{V_M},$$

$$V(\text{H}_2)_{\text{Fe}} = \frac{V_M}{M(\text{Fe})} \cdot m(\text{Fe}) = \frac{22.4}{55.85} \cdot m(\text{Fe}) = 0.401 \cdot m(\text{Fe});$$

$$3 \cdot \frac{m(\text{Cr})}{M(\text{Cr})} = 2 \cdot \frac{V(\text{H}_2)_{\text{Cr}}}{V_M},$$

$$V(\text{H}_2)_{\text{Cr}} = \frac{3 \cdot V_M}{2 \cdot M(\text{Cr})} \cdot m(\text{Cr}) = \frac{3 \cdot 22.4}{2 \cdot 52.00} \cdot m(\text{Cr}) = 0.646 \cdot m(\text{Cr})$$

$$V(\text{H}_2)_{\text{Fe}} + V(\text{H}_2)_{\text{Cr}} = 0.401 \cdot m(\text{Fe}) + 0.646 \cdot m(\text{Cr}) = 6.72 \text{ л},$$

$$0.401 \cdot m(\text{Fe}) + 0.646 \cdot (16.13 - m(\text{Fe})) = 6.72, m(\text{Fe}) = 15.10 \text{ г}.$$

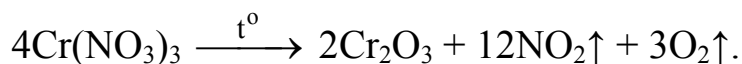
Массовые доли металлов в смеси:

$$w(\text{Ag}) = \frac{m(\text{Ag})}{m(\text{смеси})} = \frac{107.87}{124.00} = 0.870,$$

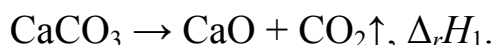
$$w(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe})}{m(\text{смеси})} = \frac{15.10}{124.00} = 0.122,$$

$$w(\text{Cr}) = 1 - w(\text{Ag}) - w(\text{Fe}) = 0.008.$$

2) Уравнения термического разложения нитратов металлов:



4. Разложение. 1) При разложении карбоната кальция:



Согласно следствию из закона Гесса:

$$\Delta_r H_1 = 1 \cdot \Delta_f H^0(\text{CaO}) + 1 \cdot \Delta_f H^0(\text{CO}_2) - 1 \cdot \Delta_f H^0(\text{CaCO}_3)$$

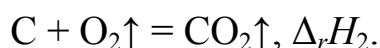
$$\Delta_r H_1 = -635.1 - 393.5 + 1206.0 = 177.4 \text{ кДж/моль}.$$

Энтальпия разложения 50.00 г карбоната кальция:

$$\Delta_1 H = n(\text{CaCO}_3) \cdot \Delta_r H_1 = \frac{w(\text{CaCO}_3) \cdot m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} \cdot \Delta_r H_1,$$

$$\Delta_1 H = \frac{0.75 \cdot 50.00}{100.09} \cdot 177.4 = 66.5 \text{ кДж}.$$

2) При полном сжигании угля:



Согласно следствию из закона Гесса:

$$\Delta_r H_2 = 1 \cdot \Delta_f H^0(\text{CO}_2) = -393.5 \text{ кДж}.$$

Так как используется только часть выделяющегося тепла, то:

$$\Delta H_2 = \frac{-\Delta H_1}{0.8} = -\frac{66.5}{0.8} = -83.1 \text{ кДж}.$$

Энтальпия сжигания неизвестного количества угля:

$$\Delta H_2 = n(\text{C}) \cdot \Delta_r H_2,$$

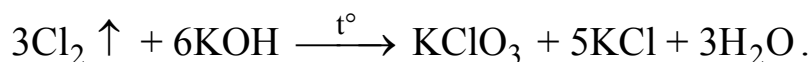
$$n(\text{C}) = \frac{\Delta H_2}{\Delta_r H_2} = \frac{-83.1}{-393.5} = 0.211 \text{ моль},$$

$$m(C) = \frac{n(C) \cdot M(C)}{w(C)} = \frac{0.211 \cdot 12.01}{0.9} = 2.82 \text{ г.}$$

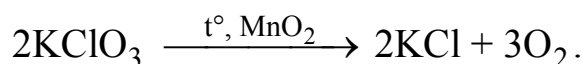
5. Игра цветов. 1) Опираясь на то, что газ **G**, поддерживающий горение, – это кислород, то нагрев фиолетовой соли **E** – это реакция разложения перманганата калия:



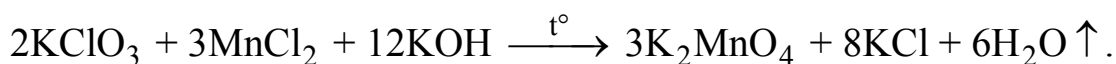
Отсюда соль **D** – это манганат (VI) калия, бурый оксид **F** – оксид марганца (IV). Отталкиваясь от того, что желто-зеленый удушливый газ **A** – это хлор, то результатом его растворения в гидроксиде калия при нагревании будет смесь хлората калия (бертолетова соль) и хлорида калия:



Так как кислород выделяется в ходе прокаливании кристаллов **B** – это хлорат калия, а хлорид калия – соль **C**



Щелочная плавка хлората калия с хлоридом марганца (II) приводит к образованию сплава манганата (VI) калия и хлорида калия:



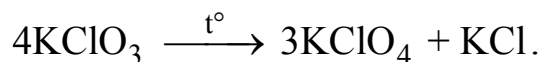
Темно-зеленая окраска сплава обусловлена манганатом (VI) калия. При растворении продуктов сплавления наблюдается образование фиолетового раствора перманганата калия и выпадение бурого осадка оксида марганца (IV)



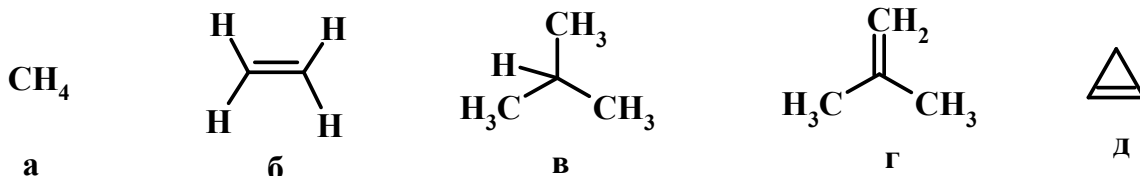
2) Изменение окраски при растворении сплава в воде обусловлено неустойчивостью манганат (VI)-ионов в нейтральных и кислых средах в отличие от перманганат-ионов, которые придают раствору фиолетовую окраску. Приготовление водного раствора манганата (VI) калия возможно только в сильно щелочной среде.

3) Оксид марганца (IV) выполняет функцию катализатора при разложении хлората калия с выделением кислорода. В случае отсут-

ствия катализатора продуктами разложения будут две соли – перхлорат калия и хлорид калия:



6. Хлорпроизводные.



10 класс

1. Вспомнить все. Концентрация растворенных в воде частиц составляет

$$0.188/1.86 = 0.1011 \text{ моль/кг} = 0.1011 \text{ моль/л.}$$

Исходная концентрация молекул **A** равна:

$$3.011 \cdot 10^{22} / 6.022 \cdot 10^{23} / 0.500 = 0.100 \text{ моль/л.}$$

Так как концентрации растворенных частиц лишь немного выше, чем исходная концентрация кислоты **A**, то кислота **A** является слабым электролитом, который диссоциирует в соответствии с уравнением:



Концентрация продиссоциировавших молекул **HA** равна:

$$0.1011 - 0.1000 = 0.0011 \text{ моль/л.}$$

$$\alpha = 0.0011 / 0.1000 = 0.011 = 1.1 \text{ \%}.$$

$$K_a = 0.00112 / (0.1 - 0.0011) = 1.71 \cdot 10^{-5}.$$

Из данных ПМР-спектра следует, что это – *изо*-масляная кислота $(\text{CH}_3)_2\text{CHCOOH}$ (2-метилпропановая кислота): 11.0 м. д. (1H, с, COOH); 2.71 м. д. (1H, м, CH); 1.09 м. д. (6H, д, CH_3).

2. Помоги себе сам. 1) Используем данные о молярных концентрациях соответствующих растворов кислоты, приведенные в таблице:

$$V = \frac{5.068 \cdot 2 - 1.652 \cdot 1.5}{17.47} = 0.438 \text{ л.}$$

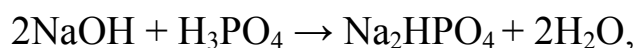
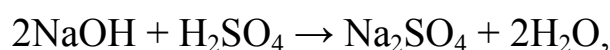
2) Объемы раствора NaOH, пошедшие на титрование с двумя индикаторами, во-первых, разные, во-вторых, не кратны друг другу. Такое бывает, если раствор содержит смесь кислот. Серная кислота является достаточно сильной и при $\text{pH} = 4.6$ практически полностью оттитрована. Второй кислотой, концентрированные растворы которой могут иметь плотность 1.83 г/см^3 , является фосфорная кислота. Ее широко используют в электротехнике.

При титровании в присутствии бромкрезолового зеленого H_2SO_4 титруется по двум ступеням, H_3PO_4 – по первой, с образованием дигидрофосфат иона.



$$n(\text{NaOH})_{\text{БКЗ}} = 2n(\text{H}_2\text{SO}_4) + n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 14.54 \cdot 10^{-3} \cdot 0.500 = 7.27 \cdot 10^{-3} \text{ моль}.$$

При титровании в присутствии фенолфталеина H_2SO_4 титруется по двум ступеням, и H_3PO_4 по двум ступеням с образованием гидрофосфат иона.



$$n(\text{NaOH})_{\text{фф}} = 2n(\text{H}_2\text{SO}_4) + 2n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 22.48 \cdot 10^{-3} \cdot 0.500 = 1.12 \cdot 10^{-2} \text{ моль}.$$

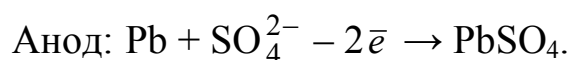
Тогда, с учетом разбавления, концентрации кислот в полученном электролите:

$$c(\text{H}_3\text{PO}_4) = (n(\text{NaOH})_{\text{фф}} - n(\text{NaOH})_{\text{БКЗ}}) \cdot 5 \cdot 1000 / 5 = 3.97 \text{ моль/л},$$

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = (n(\text{NaOH})_{\text{БКЗ}} - n(\text{NaOH})_{\text{фф}} + n(\text{NaOH})_{\text{БКЗ}}) / 2 \cdot 5 \cdot 1000 / 5 = 1.65 \text{ моль/л}.$$

3) В свинцовом аккумуляторе в качестве электролита используют разбавленный раствор серной кислоты. Наибольшая проводимость этого раствора при комнатной температуре достигается при его плотности 1.26 г/см^3 . Однако на практике, в районах с холодным климатом часто применяются и более высокие концентрации серной кислоты, с плотностью до $1.29\text{--}1.31 \text{ г/см}^3$.

Процессы на электродах при разряде:



3. Кинетика обесцвечивания. Так как данная реакция первого порядка по каждому веществу, то ее кинетическое уравнение имеет вид:

$$v = k \cdot c_R \cdot c_{\text{OH}^-},$$

где k – константа скорости, c_R – концентрация окрашенной формы индикатора, c_{OH^-} – концентрация гидроксид ионов. Так начальная концентрация щелочи намного превышает концентрацию красителя, то изменением концентрации OH^- в ходе реакции можно пренебречь. В этих условиях реакция будет являться псевдомономолекулярной. Поэтому для ее скорости можно записать:

$$v = k' \cdot c_R,$$

где $k' = k \cdot c_{\text{OH}^-} = \text{const}$ – константа скорости псевдомономолекулярной реакции. Согласно теоретическим представлениям химической кинетики, величина k' может быть рассчитана по уравнению:

$$k' = \frac{1}{t} \ln \frac{c_{o,R}}{c_R}.$$

Значения c_R для указанных значений времени можно рассчитать по формуле, следующей из закона светопоглощения

$$c_R = c_{o,R} \cdot A_t / A_0,$$

где A_0 и A_t – поглощение раствора в начальный момент времени и соответствующее значению времени t . Подставляя c_R в выражение для константы k' , получим

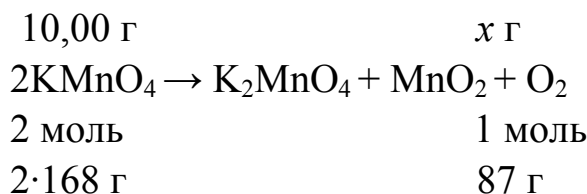
$$k' = \frac{1}{t} \ln \frac{A_o}{A_t},$$

а затем найдем и величину k . Полученные данные сведены в таблицу.

t , сек	0	330	600	720
k' , с^{-1}	–	$0.99 \cdot 10^{-3}$	$1.01 \cdot 10^{-3}$	$1.04 \cdot 10^{-3}$
k , л/(моль·с)	–	0.132	0.135	0.139

Для средних значений k' и k имеем $1.01 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ и 0.135 л/(моль·с) , соответственно. Рассчитаем время, за которое интенсивность окраски раствора снизится на 50 % и 99 % от исходного значения, по формуле $t = \ln(A_o / A_t) / k'$: $t_1 = \ln(0.752/0.376) / 1.01 \cdot 10^{-3} = 686.3 \text{ с}$, $t_2 = \ln(100) / 1.01 \cdot 10^{-3} = 4559.6 \text{ с}$.

4. Изоморфизм. 1) Среди солей-окислителей, имеющих характерную окраску, на ум сразу приходят KMnO_4 и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Но лишь при разложении перманганата получается черно-коричневый оксид MnO_2 . Проверим:



$$x = 10.00 \cdot 87 / 316 = 2.75 \text{ г.}$$

Таким образом, **В** – KMnO_4 , **Y** – Mn , а **N** – MnO_2 .

По условию, $a\text{Mn} + b\text{X} \rightarrow \text{Mn}_a\text{X}_b$. Пусть молярная масса элемента **X** равна x г/моль, тогда

$$w(\text{Mn}) = 55a / (55a + bx) = 0.4365.$$

В конце вычислений приходим к выражению: $71a = bx$. Учитывая простые вещества, с которыми взаимодействует марганец: если $a = 1$, $b = 2$, то $x = 35.5$, следовательно элемент **X** – хлор. Соль **A** содержит анион ClO_4^- и одновалентный катион, это следует из определения изоморфизма. После реакции **A** с серной кислотой получается хлорная кислота, которая под действием P_2O_5 отщепляет воду и превращается в Cl_2O_7 (**M**).

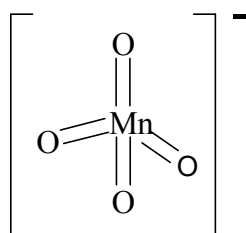


Как видим, из 2 моль соли **A** получается 1 моль хлорного ангидрида.

$$n(\text{MeClO}_4) = 2n(\text{Cl}_2\text{O}_7) = 2 \cdot m / M = 2 \cdot 7.47 / 183 = 8.16 \cdot 10^{-2} \text{ моль.}$$

$$M(\text{A}) = m / n = 10 / 8.16 \cdot 10^{-2} = 122.5 \text{ г/моль,}$$

что для соли с перхлорат анионом соответствует NaClO_4 , следовательно, **A** – перхлорат натрия. Ион MnO_4^- содержит атом марганца в состоянии гибридизации – sp^3 . Структура перманганат-иона:



2) $\text{NaClO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{HClO}_4 + \text{NaHSO}_4$, $2\text{HClO}_4 + \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow 2\text{HPO}_3 + \text{Cl}_2\text{O}_7$,

$2\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$,

$\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (метод Шееле),

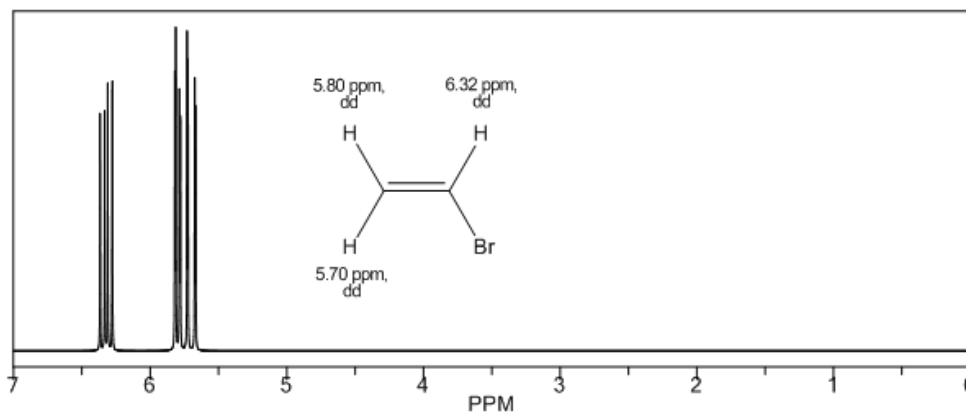
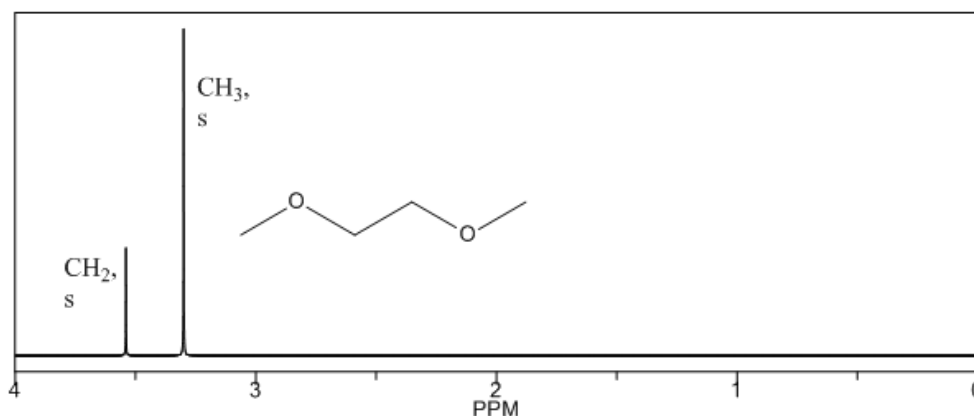
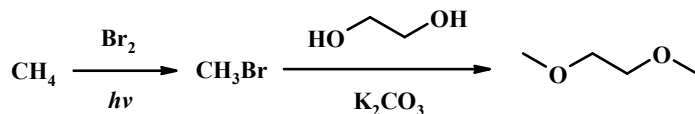
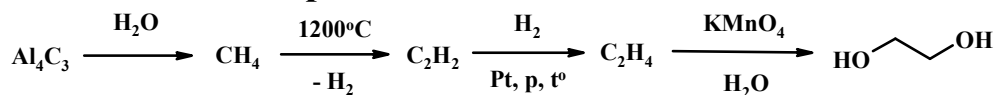
$\text{Mn} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{MnCl}_2$.

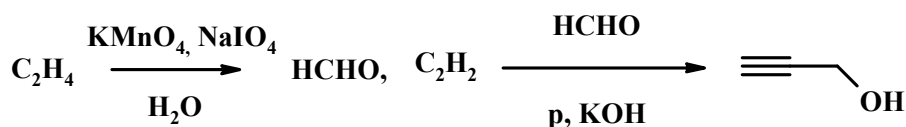
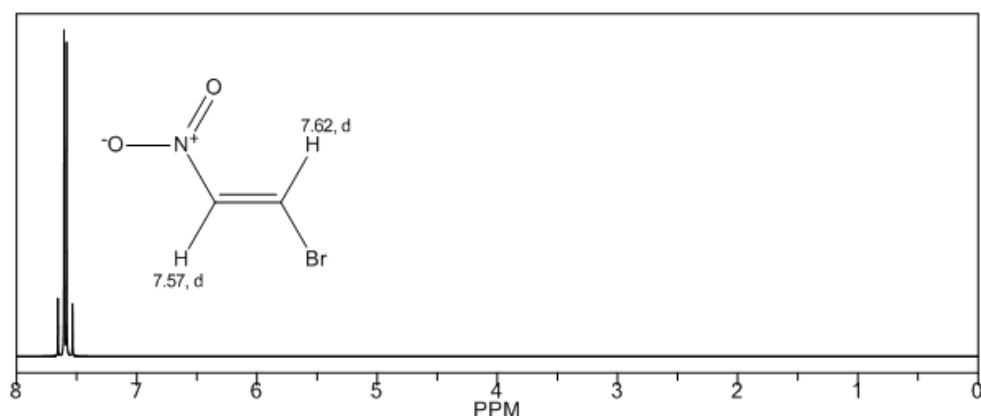
3) $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{HMnO}_4 + \text{NaHSO}_4$, $2\text{HMnO}_4 + \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow 2\text{HPO}_3 + \text{Mn}_2\text{O}_7$.

Mn_2O_7 – зеленая жидкость, сильный окислитель.

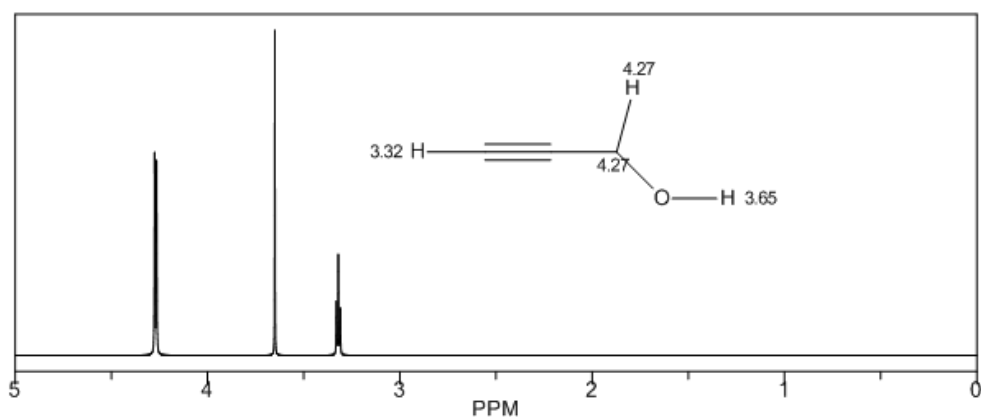
4) Итак, мы рассматриваем анионы типа ClO_n^- , $n = 1, 2, 3, 4$. При увеличении количества атомов кислорода в анионе увеличивается количество атомов, на которых может быть локализован отрицательный заряд, доля избыточного заряда на одном атоме кислорода уменьшается от 1 у ClO^- до 0.25 ClO_4^- , за счет этого стабильность анионов увеличивается при $n \rightarrow 4$.

5. Реакции и спектры.

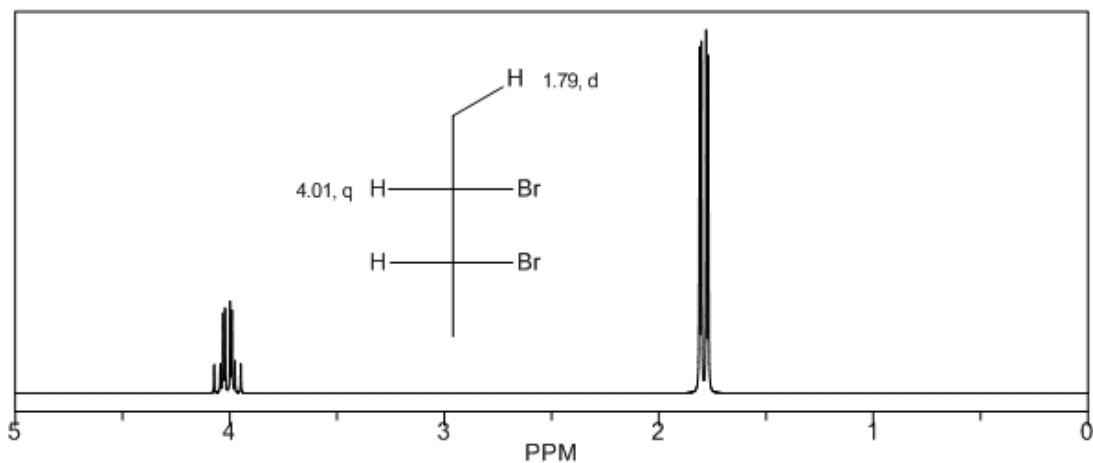
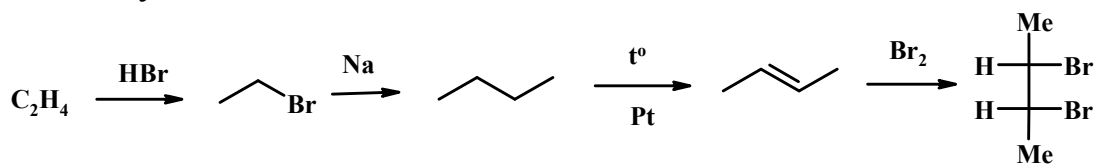




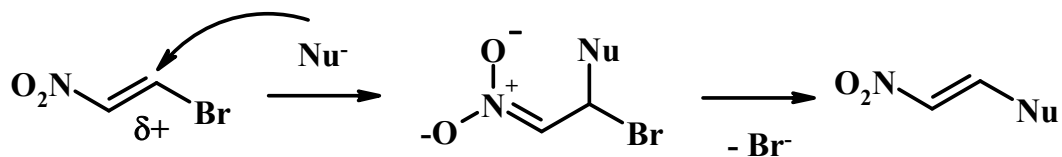
Получение этилена и ацетилена приведено выше.



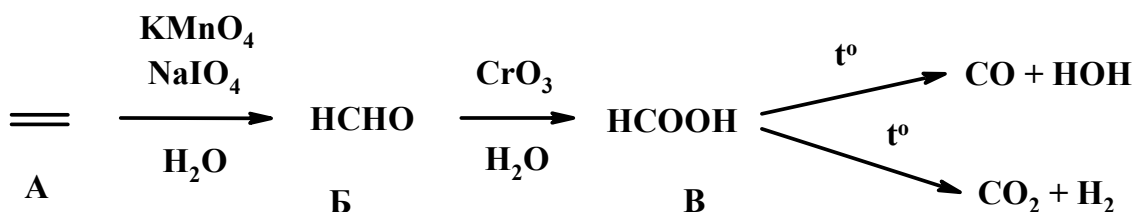
Мультиплетность сигналов и их расположение в ПМР-спектре пропин-2-ола-1 будут зависеть от ряда факторов (используемого растворителя, концентрации, температуры и т. д.). Приведем лишь 2 крайних случая: 1) CH (т), CH₂ (м), OH (т); 2) CH (с), CH₂ (т), OH (уш. с).



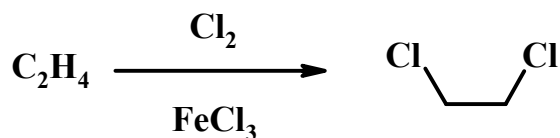
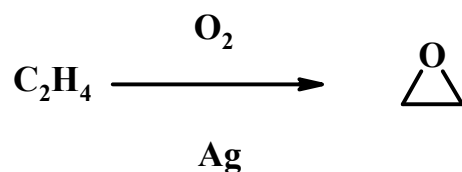
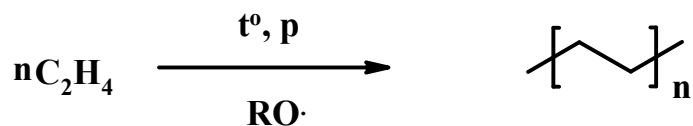
Нуклеофильное замещение брома в *E*-1-бром-2-нитроэтилене будет происходить по механизму присоединения-отщепления, а в бромэтилене – по механизму S_N2 . Первый процесс должен идти легче:



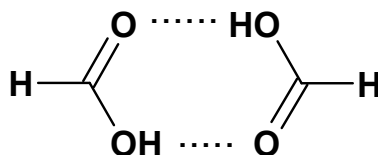
6. Газ. 1) Может показаться, что **A** – N_2 , **Б** – NO , **В** – NO_2 , который может димеризоваться, а водный раствор NO_2 содержит смесь кислот. Однако придумать газовую смесь, которая образуется при нагревании NO_2 , имеющую молекулярную массу 11.5, невозможно. На самом деле, речь идет об этилене:



2)



3) Происходит образование водородных связей:

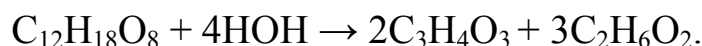


11 класс

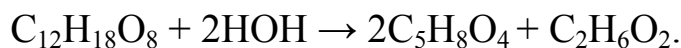
1. Гидролиз. 1) Газ **X** имеет молекулярную массу 44 г/моль; это может быть CO_2 или C_3H_8 . Второй вариант невозможен. Следовательно, **X** – CO_2 . Следовательно, **D** имеет молекулярную массу 44 г/моль и является альдегидом, тогда это – уксусный альдегид. Теперь мы можем вывести молекулярную формулу вещества **C**: $\text{C}_2\text{H}_4\text{O} + \text{CO}_2 = \text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3$. Учитывая, что это кислота, имеем пировиноградную кислоту. Вещество **B** однозначно подходит под этиленгликоль.



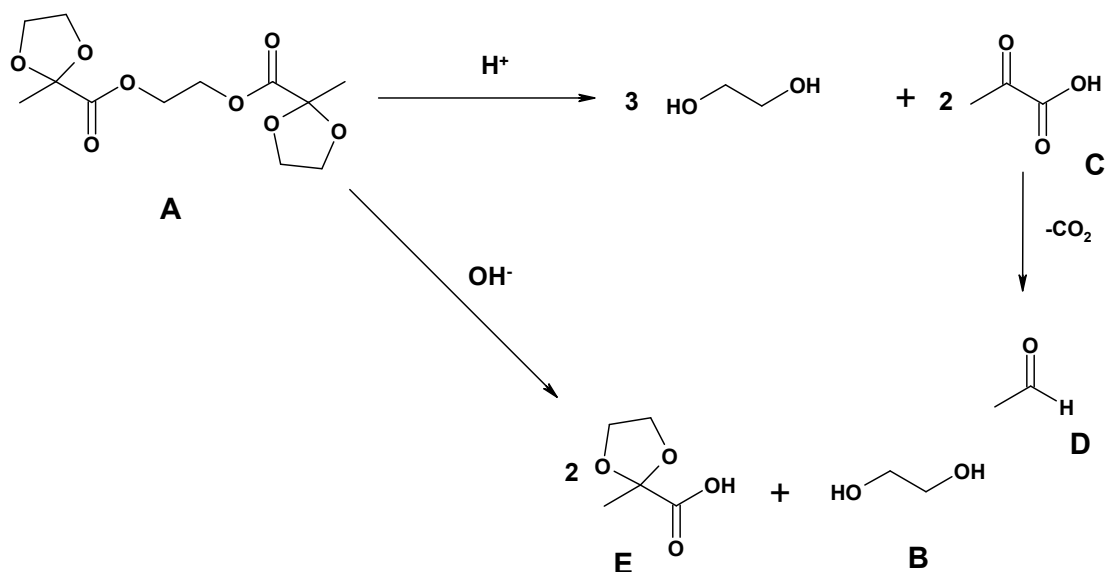
С учетом сохранения атомов углерода во время кислотного гидролиза, можно сказать, что по реакции образуется 2 молекулы **C** и 3 молекулы **B** (в целом 12 атомов углерода). Тогда можем записать реакции с учетом воды:



Можно предположить, что при щелочном гидролизе образуется 2 молекулы $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4$ и одна молекула $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ (12 атомов углерода):

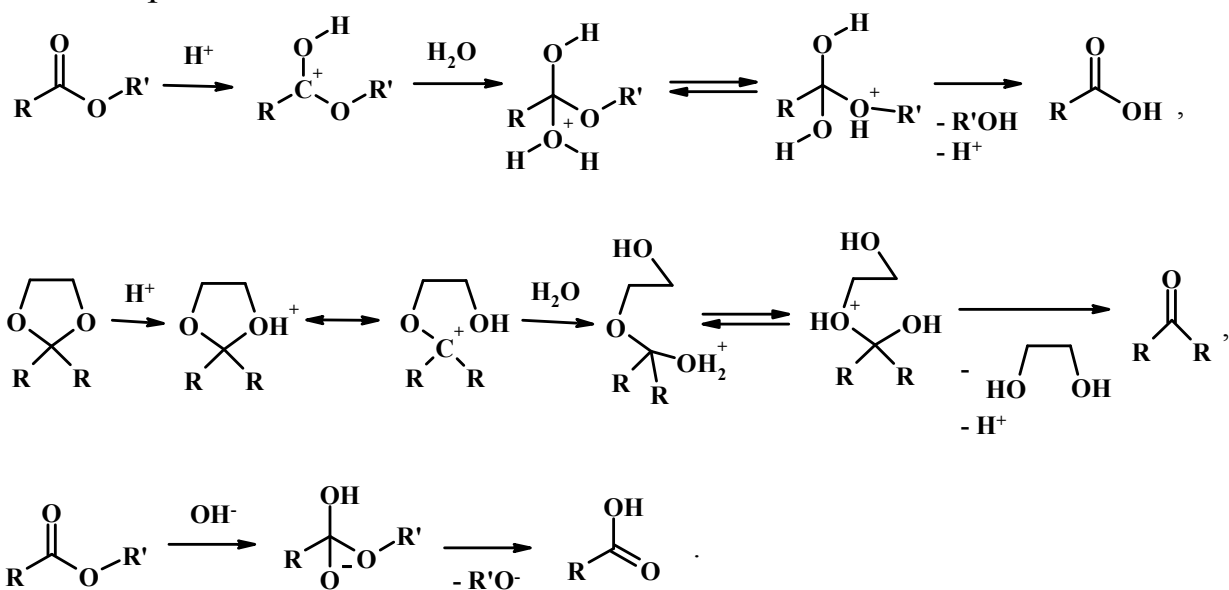


Из этого понятно, что этиленгликоль используется также для защиты карбонильных групп. Следовательно:



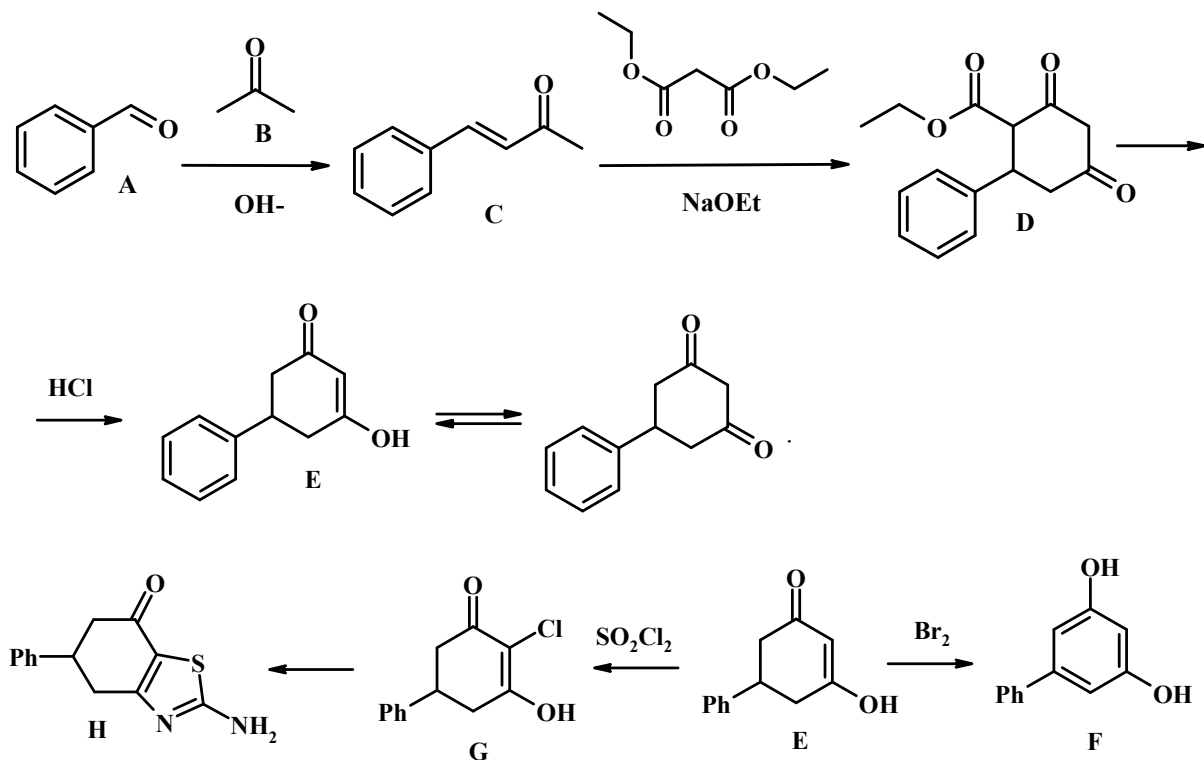
2) Наличие электроакцепторной карбонильной группы приводит к оттягиванию электронной плотности и ослаблению связи $\text{C}-\text{C}$, что облегчает процесс образования CO_2 .

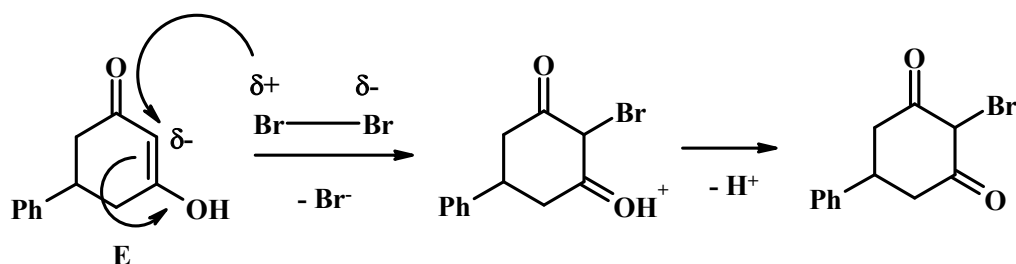
3) Механизмы реакций омыления в кислой и щелочной среде можно представить схемами:



2. Кинетика обесцвечивания. См. решение задачи № 3 второго тура для 10-го класса.

3. Гетероцикл. 1), 2) Е существует в кетонной и енольной формах. Бромруется енольная форма.

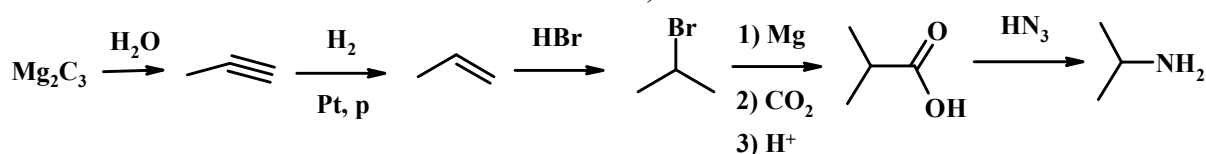




3) а) Бензальдегид (**A**) дает реакцию серебряного зеркала, ацетон (**B**) – нет; б) фенол **F** даст фиолетовое окрашивание с раствором FeCl_3 ; в) медная проволока с нанесенным на нее хлорпроизводным окрашивает пламя в сине-зеленый цвет (проба Бейльштейна).

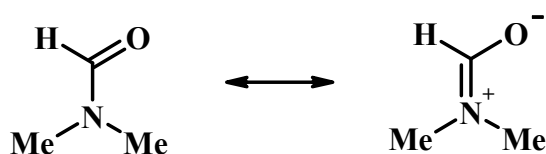
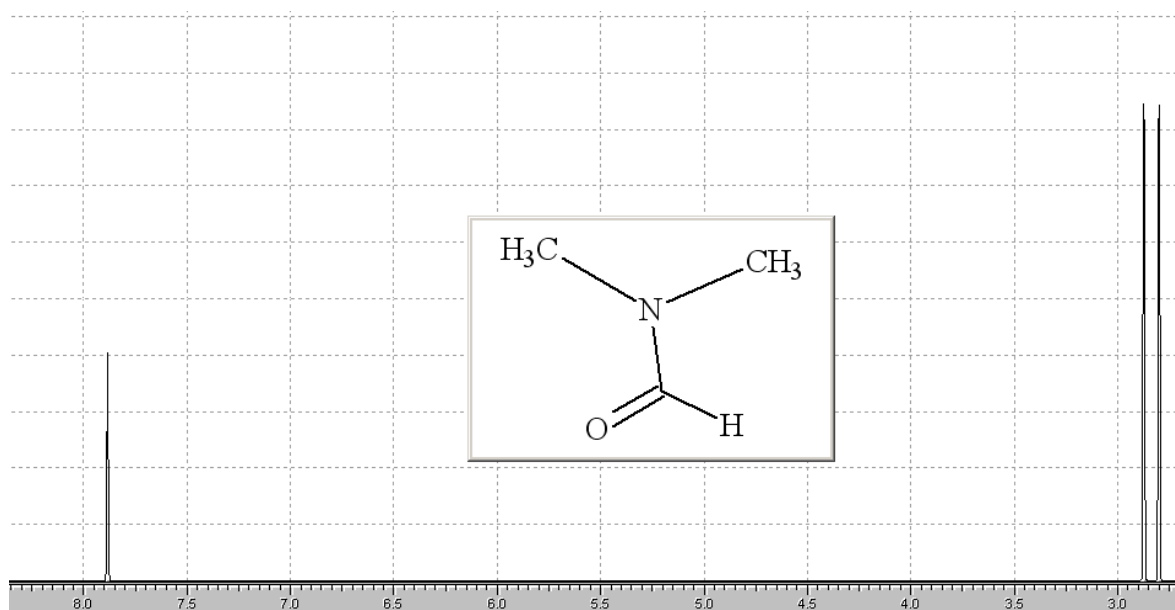
4. Кислота. 1) Решение расчетной части задачи аналогично задаче № 1 («Вспомнить все») за 10 класс.

2)

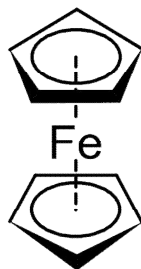


5. Тяжелый оксид. См. решение задачи № 1 второго тура для 9-го класса.

6. Спектры. 1) Метильные группы являются неэквивалентными из-за заторможенного вращения в амидном фрагменте:



2) неизвестное соединение – ферроцен, атомы водорода в структуре которого эквиваленты:



3) уксусная кислота дает в ПМР-спектре 2 сигнала, муравьиная – тоже 2. Однако протоны ОН-группы подвижны и участвуют в так называемом «протонном обмене», поэтому проявляются в виде одного широкого сигнала.

4) а) бромэтан; б) 4-фторбромбензол; в) 4-нитрохлорбензол; г) нафталин; д) 2,3-диметилбутан.

5) наличием «недодейтерированного» растворителя $\text{CD}_2\text{H-S(O)-CD}_3$.

**Победители III–го этапа Всеукраинской химической олимпиады
г. Харьков, 2 февраля 2011 г.**

Ф.И.О. ученика	Место	Класс	Учебное заведение	Ф. И. О. учителя
Жгулев Константин	1	8	Харьковская гимназия № 82	Лукаш Тамара Григорьевна
Панченко Владислав	1	8	Волчанская гимназия № 1	Онищенко Ольга Евгеньевна
Винниченко Владислав	2	8	Харьковский физико- математический лицей № 27	Кравченко Александра Анатольевна
Гриневич Павел	2	8	Покотиловский лицей «Луч»	Хименко Елена Тимофеевна
Самошко Павел	2	8	Харьковская средняя шко- ла I-III ст. № 118	Исаева Галина Станиславовна
Юрченко Анастасия	2	8	Харьковская средняя шко- ла I-III ст. № 36	Русанова Елена Константиновна
Шевченко Дмитрий	2	8	Харьковский физико- математический лицей № 27	Кравченко Александра Анатольевна
Асадова Эльнора	3	8	Харьковская средняя шко- ла I-III ст. № 5	Гребенюк Людмила Федоровна
Билецкий Владислав	3	8	Первомайская ЗОШ I-III ст. № 7	Барабан Ирина Анатольевна
Гончаренко Вадим	3	8	Харьковский НВК № 45 "Академическая гимна- зия"	Леонова Наталья Александровна
Гринько Алина	3	8	Харьковский технологи- ческий лицей № 173	Ковалева Виктория Дмитриевна
Жарова Татьяна	3	8	Харьковская средняя шко- ла I-III ст. № 5	Гребенюк Людмила Федоровна
Животченко Елизавета	3	8	Харьковская гимназия № 55	Ушакова Нина Андреевна
Жубр Антон	3	8	Харьковская средняя шко- ла I-III ст. № 5	Гребенюк Людмила Федоровна
Кувакина Надежда	3	8	Харьковская гимназия № 55	Ушакова Нина Андреевна
Мараховский Артем	3	8	Харьковская гимназия № 144	Лашина Светлана Евгеньевна
Мац Владислав	3	8	Харьковская гимназия № 172	Теслюк Наталья Ивановна

Победители Харьковской областной олимпиады по химии

Ф.И.О. ученика	Место	Класс	Учебное заведение	Ф. И. О. учителя
Никонова Анна	3	8	Боровская гимназия № 1 Боровского районного совета	Никонова Светлана Владимировна
Степанов Андрей	3	8	Харьковский физико- математический лицей № 27	Кравченко Александра Анатольевна
Ткаченко Станислав	3	8	Харьковская гимназия № 23	Гордиенко Валентина Ивановна
Чухлатая Анастасия	3	8	Лозовская средняя школа I-III ст. № 11	Пашенко Наталья Анатольевна
Выговский Александр	1	9	Харьковская гимназия № 47	Войлокова Татьяна Ивановна
Онижук Никита	1	9	Харьковский технологи- ческий лицей № 173	Ковалева Виктория Дмитриевна
Глущенко Мария	2	9	Харьковская гимназия № 47	Войлокова Татьяна Ивановна
Иванов Антон	2	9	Харьковская гимназия № 46	Кичатая Елена Евгеньевна
Иванченко Александр	2	9	Люботинская гимназия № 1	Котляр Зоя Владимировна
Колядин Антон	2	9	Харьковская средняя шко- ла I-III ст. № 53	Изотова Галина Владимировна
Саворона Полина	2	9	Харьковская гимназия № 144	Чернова Галина Алексеевна
Сердюк Алена	2	9	Харьковский технологи- ческий лицей № 173	Ковалева Виктория Дмитриевна
Беда Дарья	3	9	Харьковская гимназия № 47	Мельникова Татьяна Васильевна
Калинин Денис	3	9	Харьковская гимназия № 14	Корягина Любовь Викторовна
Князева Алиса	3	9	Харьковский физико- математический лицей № 27	Кравченко Александра Анатольевна, Свечка- рев Денис Андреевич
Кораблев Вячеслав	3	9	Харьковский физико- математический лицей № 27	Кравченко Александра Анатольевна
Нгуен Хоанг Иен	3	9	Харьковский технологи- ческий лицей № 173	Ковалева Виктория Дмитриевна
Острась Алексей	3	9	Харьковская гимназия № 13	Степанова Наталья Николаевна
Панченко Дмитрий	3	9	Харьковский физико- математический лицей № 27	Кравченко Александра Анатольевна

Ф.И.О. ученика	Место	Класс	Учебное заведение	Ф. И. О. учителя
Салыга Антон	3	9	Балаклеийський лицей	Исиченко Лариса Андреевна
Халаим Максим	3	9	КУ "Областная специализированная школа-интернат II-III ст. "Одаренность"	Григорович Алексей Владиславович
Хрипко Екатерина	3	9	Харьковский лицей № 161 "Импульс"	Затыльниковна Наталья Николаевна
Головизнина Екатерина	1	10	Харьковская средняя школа I-III ст. № 36	Русанова Елена Константиновна
Запорожец Ирина	1	10	Балаклейская средняя школа I-III ст. № 1 имени О.А.Тризны	Овсиенко Надежда Владимировна
Бардовский Ростислав	2	10	КУ "Областная специализированная школа-интернат II-III ст. "Одаренность"	Григорович Алексей Владиславович
Зибаров Артем	2	10	КУ "Областная специализированная школа-интернат II-III ст. "Одаренность"	Григорович Алексей Владиславович
Кошечая Валерия	2	10	Харьковский лицей № 161 "Импульс"	Затыльниковна Наталья Николаевна
Рой Сергей	2	10	Золочевская средняя школа I-III ст. № 2	Колодько Олег Сергеевич
Цап Кирилл	2	10	Харьковский лицей № 161 "Импульс"	Затыльниковна Наталья Николаевна
Байрачный Константин	3	10	Лозовская средняя школа I-III ст. № 3	Хребко Татьяна Анатольевна
Гонтарь Евгения	3	10	Красноградская средняя школа № 1 I-III ст. им. О.И.Копыленка	Шестакова Людмила Павловна
Кравченко Алексей	3	10	Харьковский физико-математический лицей № 27	Кравченко Александра Анатольевна
Никитянский Максим	3	10	Харьковский физико-математический лицей № 27	Кравченко Александра Анатольевна
Мирошниченко Олег	3	10	Харьковская средняя школа I-III ст. № 36	Русанова Елена Константиновна
Попенко Сергей	3	10	Харьковская специализированная школа I-III ст. № 166 "Вертикаль"	Кожушко Анна Александровна

Победители Харьковской областной олимпиады по химии

Ф.И.О. ученика	Место	Класс	Учебное заведение	Ф. И. О. учителя
Скляренко Дарья	3	10	Харьковская средняя шко- ла I-III ст. № 139	Бондаренко Александ- ра Михайловна
Ставская Яна	3	10	Харьковский лицей № 161 "Импульс"	Затыльниковна Наталья Николаевна
Шостак Владислав	3	10	Харьковский лицей ис- кусств № 133	Богданова Людмила Евгеньевна
Яковлева Дина	3	10	Чугуевская гимназия № 5	Старикова Ольга Александровна
Бородин Олег	1	11	Харьковская специализи- рованная школа I-III ст. № 114	Брыкова Алла Ивановна
Зайцева Снежанна	1	11	Харьковская гимназия № 47	Мельникова Татьяна Васильевна
Еремина Александра	2	11	Харьковская гимназия № 47	Мельникова Татьяна Васильевна
Лаврик Дмитрий	2	11	Харьковская специализи- рованная школа I-III ст. № 75	Ковалева Лариса Юрьевна
Софронов Александр	2	11	Харьковский НВК № 45 "Академическая гимна- зия"	Барабан Андрей Юрь- евич, Пышная Марина Юльевна
Бердник Михаил	3	11	Харьковский физико- математический лицей № 27	Бойченко Александр Павлович
Бобу Алексей	3	11	Чугуевська средняя школа I-III ст. № 1	Наплекова Нина Кирилловна
Вакслер Евгений	3	11	Харьковская гимназия № 46	Кичатая Елена Евгеньевна
Вощаной Богдан	3	11	КУ "Областная специали- зированная школа-интер- нат II-III ст. "Одарен- ность"	Агавердеева Севда Сергеевна
Исакова Влада	3	11	Харьковский технологи- ческий лицей № 173	Ковалева Виктория Дмитриевна
Рубаненко Мария	3	11	Харьковская средняя шко- ла I-III ст. № 106	Григорович Алексей Владиславович
Солоха Анастасия	3	11	Харьковский физико- математический лицей № 27	Кравченко Александра Анатольевна

**Состав команды Харьковской области
на Всеукраинской олимпиаде юных химиков, 2011 г.**

8 класс

Жгулёв Константин
Юрченко Анастасия
Самошко Павел

9 класс

Выговский Александр
Онижук Никита
Колядин Антон

10 класс

Запорожец Ирина
Головизнина Екатерина

11 класс

Зайцева Снежанна
Бородин Олег

**Состав жюри III-го этапа химической олимпиады
в Харьковской области:**

Колосов М. А. – председатель жюри, куратор 11 класса,
Ельцов С. В. – куратор 8 класса,
Кийко С. М. – куратор 9 класса,
Никитина Н. А. – куратор 10 класса,
Холин Ю. В. – эксперт олимпиады,
Чуйко Ю. И. – методист Харьковской академии непрерывного
образования

СОДЕРЖАНИЕ

Задания 1-го тура.....	4
8 класс	4
9 класс	5
10 класс	7
11 класс	10
Решения заданий 1-го тура.....	13
8 класс	13
9 класс	17
10 класс	21
11 класс	27
Задания 2-го тура.....	33
8 класс	33
9 класс	35
10 класс	37
11 класс	40
Решения и ответы к заданиям 2-го тура	43
8 класс	43
9 класс	48
10 класс	55
11 класс	62
Победители III–го этапа Всеукраинской химической олимпиады ..	66

Навчальне видання

**Колосов Максим Олександрович
Єльцов Сергій Віталійович
Нікітіна Наталія Олександрівна
Чуйко Юлія Іванівна**

**Харківська обласна хімічна олімпіада 2011 року:
Завдання та розв'язки.**

(Рос. мовою)

Коректор: *І. Ю. Азаркова*
Верстка: *С. В. Єльцов*
Макет обкладинки: *І. М. Дончик*

Формат 60x84/16.

Умов.-друк. арк. . Наклад 100 прим. Замовлення № 63/13

Видавець і виготовлювач
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
61022, Харків, майдан Свободи, 4.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.09
Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна
Тел. 705-24-32